環境省

平成２５年度環境技術実証事業

VOC 等簡易測定技術分野

実証試験結果報告書

≪詳細版≫

平成２６年３月

実証機関	：	公益社団法人 日本環境技術協会
技　　術	：	VOC 等簡易測定技術
実証申請者	：	有限会社オー・エス・ピー
製品名・型番	：	簡易 VOC モニター　VM-603
実証試験実施場所	：	横浜市環境科学研究所
実証番号	：	100-1303

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に帰属します。

― 目次 ―

全体概要 ..... - 1 -

１．実証対象技術の概要 ..... - 1 -

２．実証試験の概要 ..... - 5 -

３．実証試験結果 ..... - 6 -

４．実証試験結果まとめ ..... - 10 -

本編 ..... - 11 -

１．導入と背景 ..... - 11 -

２．実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌 ..... - 12 -

３．実証対象技術（機器等）の概要 ..... - 13 -

3.1 機器の特徴 ..... - 13 -
3.2 測定原理 ..... - 13 -
3.3 製品データ ..... - 16 -
3.4 性能データ ..... - 17 -
3.5 現場における実ガス測定希望（オプション） ..... - 19 -

４．実証試験場所の概要 ..... - 20 -

4.1 実証試験場所の名称等 ..... - 20 -
4.2 実証試験設備 ..... - 20 -

５.実証試験の内容 ..... - 21 -

5.1 試験期間 ..... - 21 -
5.2 実証対象試験機の台数等 ..... - 21 -
5.3 実証項目 ..... - 22 -
5.4 実証試験実施方法 ..... - 23 -
5.5 現場における実ガス測定 ..... - 28 -

６．実証試験結果と考察 ..... - 29 -

6.1 繰返し性試験 ..... - 29 -
6.2 直線性試験 ..... - 31 -
6.3 干渉影響試験 ..... - 34 -
6.4 応答時間試験 ..... - 38 -
6.5 再現性（ドリフト）試験 ..... - 38 -
6.6 実証試験結果まとめ ..... - 39 -

７．データの品質管理、監査.....- 40 -

〇付録.....- 41 -

用語の定義（JIS）.....- 41 -
実証試験要領で使用している用語.....- 42 -

〇資料編.....- 43 -

1. 実証試験場所及び装置写真.....- 43 -
2. VOC センサーの濃度範囲井と換算係数表.....- 45 -
3. 測定シーケンスとアナログ出力.....- 46 -

全体概要

実証対象技術／ 環境技術開発者	簡易 VOC モニター　VM-603 有限会社オー・エス・ピー
実証機関	公益社団法人日本環境技術協会
実証試験期間	平成 25 年 12 月 9 日（月）～12 月 20 日（金）
本技術の目的	VOC 排出削減の自主的取組みに利用できる「作業環境 VOC」用の簡易測定

１．実証対象技術の概要

（本章の情報は、環境技術開発者が自らの責任において申請した内容及びその情報を参考に整理したものであり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。）

○ 機器の特徴

測定原理に干渉増幅反射法（(Interference Enhanced Reflection Method:IER 法)を用いた、連続測定用の簡易型の VOC モニタ。測定対象は、トルエン、酢酸エチル、メチルエチルケトン、アルコール類、ジクロロメタンなどのあらゆる揮発性有機物質（VOC）が検知可能である。

測定シーケンスは、ゼロ校正→測定→クリーニングのインターバルを 30 秒~1 分程度で実施され、毎回ゼロ校正を実施するため、ゼロドリフトフリーの装置仕様となっている。

濃度警報やデータをマイクロＳＤカードに保存する機能を有しており、シンプルな操作で現場の作業環境を連続でモニタリングできる装置となっている。

○ 仕様の概要

項目	記　入　欄
企業名	有限会社オー・エス・ピー　URL　http://www.osp-inc.co.jp
住　所	〒350-1302　埼玉県狭山市東三ツ木２－１４
担当者所属・氏名	技術営業担当　吉川　進
連絡先　TEL／FAX	TEL：04（2968）2282　　FAX：04（2968）2283
技術･製品の名称・型番	簡易 VOC モニター　VM-603
測定対象物質	揮発性有機物質（VOC）
測定濃度範囲	Ｌ：　5　～　100ppm Ｈ：25　～　2500ppm
測定原理	干渉増幅反射法
重量（kg）	約 3.5Kg
価格（円）	オープン価格
外形寸法	W230×D100×H260 (mm)
電　源	AC100V 0.3A　または DC24V　１A

概　観	

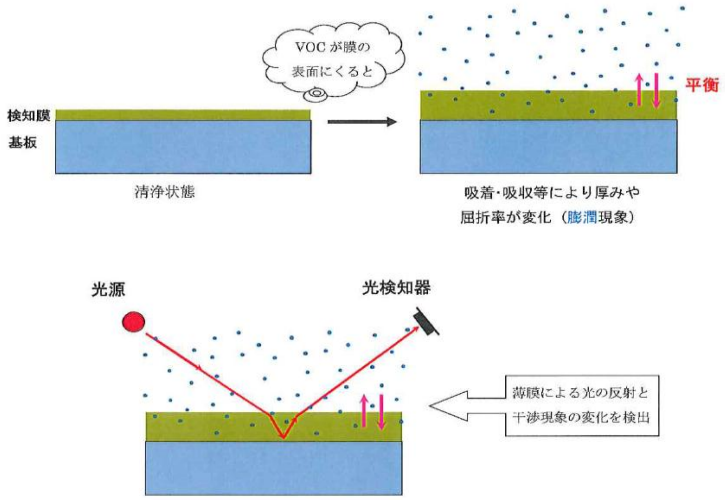
○測定原理

①IER 法とは

高分子薄膜が VOC（被測定物質）に接することにより、VOC ガスを吸収し、その濃度に応じて膨潤する現象と、その膨潤の度合いが光の反射と干渉に変化をもたらす現象とを組み合わせ、VOC 濃度を測定する方法を干渉増幅反射法（Interference Enhanced Reflection Method；IER 法）と称します。

②VOC 成分による高分子膜の膨潤

VOC 検出用にテーラーメードされた高分子薄膜は大気中の種々の VOC 成分と接触すると、その化学的・物理的特性と濃度に比例して瞬時に効率良く吸収して膨潤し、平衡状態に達します。その結果薄膜の厚みが変化します（図A 参照）。高分子膜は、ある特定の成分だけを吸収するのではなく、VOC 成分を区別なく吸収するので VOC 成分の総量（トータル）を検出します（VOC 成分の種類は特定できません）。また、成分の違いやその濃度によって高分子膜の膨潤の度合い（＝感度）が異なります。膨潤した薄膜は、その後に清浄な空気で置換すると直ちに VOC 成分を放出して初期膜厚に戻るので、可逆性があり繰返し使用することができます。



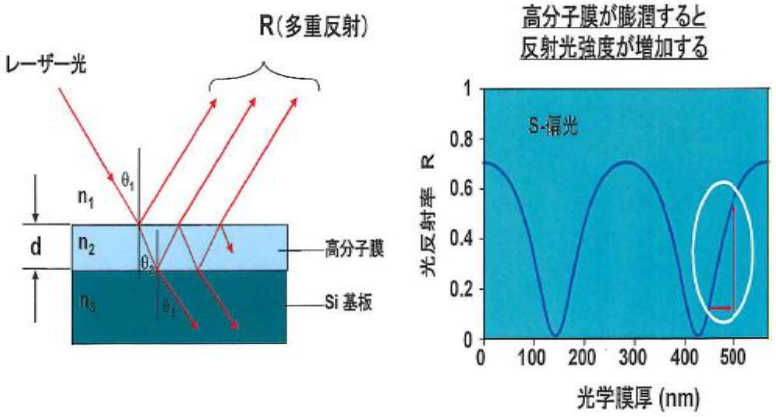
図A VOC 成分による高分子膜の膨潤イメージ

③膨潤現象のイメージ

例えば、お風呂の水（＝膜）の中に大きさの異なったボール（種類の異なるVOC 成分の分子）を沈めていく様子をイメージすることにより膨潤現象が理解できます。
ボールを次から次へと沈めていくと、水位が上昇します（これが膜の膨潤です）。
同じ数のボールを沈めても、ボールの大きさにより水位の上昇に差異が生じます（これがVOC 成分により感度が異なる理由です）。
ボールの大きさが特定されていることにより、水位の上昇をボールの数により特定できます（これが定量値の近似値を表示できる理由です）。

④薄膜の光干渉を応用した化学センサー

図Ｂのように、シリコン（Si）基板上の高分子薄膜（これをセンサーチップと称します）にレーザーのような光をある角度で入射させると、２つの界面による光の多重反射が生じます。VOC 成分により薄膜が膨潤すると、その厚みの変化と屈折率の状態に応じて、それぞれの光波の位相が強めあったり弱めあったりします（＝光の干渉現象が起きます）。この現象は反射光強度をサインカーブ状に増加・減少させます（この曲線をIER 曲線と呼びます）。反射強度が増加するIER 曲線の上り部分を活用することにより、IER 法のセンサーとして機能します。つまり高分子薄膜がVOC 成分を吸収して膨潤すると反射光強度が増加し、VOC 成分を放出して膜厚が減少する（＝元に戻る）と反射光強度が減少します。
IER 法のVOC センサーでは、上述のとおりVOC が高分子薄膜に接触した時の高分子膜の厚みの変化量（濃度ゼロの時との差）を高感度に検出し、トルエン等の検量線と比較してVOC 濃度（ppm 単位）として表示します。



図Ｂ　IER 法の原理図（薄膜干渉と IER 曲線）

⑤VOC センサの構造と応答

- IER 法の原理図Ｂ のように、センサーチップに対して、レーザー光等の光源を照射し、反射光をフォトダイオード等の光検出器で計測する為に、フローセル構造のセンサーユニットを構成します（図Ｃ 参照）。吸引ポンプ等でサンプルガスを吸引し、センサーチップ表面にガスを接触させます。
- はじめにきれいな空気を導入して、ゼロ点の信号を安定化させます。

・次にトルエン等のVOC を導入すると、高分子膜がVOC を吸収することにより瞬時に反射光強度が増加し、5 秒程度で平衡状態に達して信号が安定します。
・次に、きれいな空気でセンサーチップ表面をクリーニングすると、高分子膜がVOC を放出し、5～10 秒程度で元の状態に戻ります。

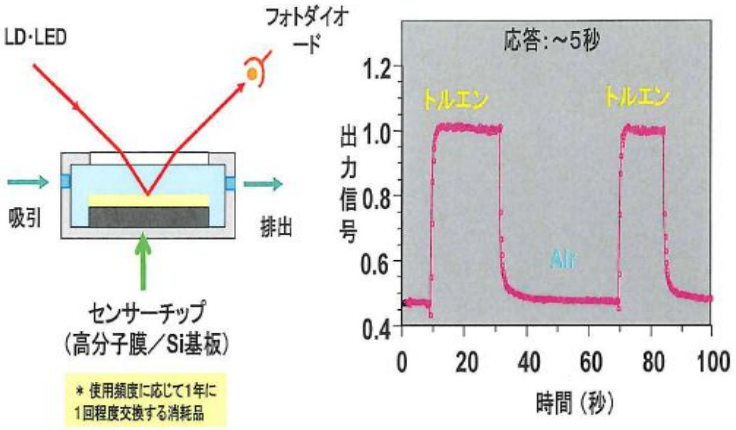


図 C　VOC センサ構成図と応答信号

２．実証試験の概要

○ 試験期間

実証試験は平成 25 年 12 月 9 日（月）～12 月 20 日（金）の期間に実施した。また、実証試験に関しては「平成 25 年度 環境技術実証事業 実施要領」(平成 25 年４月１日)及び「VOC 等簡易測定技術 実証試験要領」（平成 25 年８月 29 日）に従い実施した。

○ 実証対象試験機の台数等

試験に供する実証製品の台数は１台とした。

○ 実証項目

繰返し性、直線性、干渉影響、応答時間、再現性（ドリフト）等について実証した。

○ 実証試験実施場所

横浜市環境科学研究所 標準ガス試験室

３．実証試験結果

各試験方法は本編 5.4 実証試験実施方法を参照。

VOC 計の測定用途を考慮して、実証試験は、校正ガス VOC、酸素含有 VOC ガス（VOC 5 成分：トルエン＋イソプロピルアルコール+ *m*-ヘキサン＋酢酸エチル＋メチルエチルケトン）は事業所の排出量や高圧容器に充填可能なガスから選定したもので、塗装、接着、印刷、化学品製造事業所を想定、塩素含有 VOC ガス（塩素系 VOC 3 成分： ジクロロメタン＋トリクロロエチレン＋テトラクロロエチレン）は事業所の排出量や高圧容器に充填可能なガスから選定したもので、洗浄事業所を想定したガスとして、試験を実施した。

○ 繰返し性試験

スパン校正ガスとしてはトルエンを使用し、酸素や塩素を含有した VOC ガスに対しても試験を実施した。ガス種及び濃度に関しては、過去に実施した実証試験との共通化を観点において選定した。

試験結果としては、ゼロ点、スパン点ともにいずれの VOC ガスにおいても、最大で±1.5%以内であり、良好な結果が確認できた。

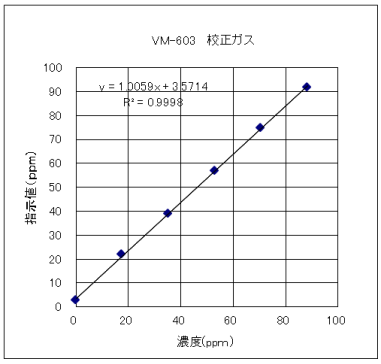
実証製品	ガス種	結果まとめ
VM-603	ゼロガス	○ゼロガス：空気 ○試験結果 校正ガス（トルエン）－0.7~0.4%、酸素含有 VOC ガス －1.5~1.5%、塩素含有 VOC ガス －1.0~0.5%でいずれの VOC ガスにおいてもゼロ点の安定した繰返し性が確認された。
	スパンガス	○スパン校正ガス：トルエン(88.3ppm) ○酸素含有 VOC ガス メチルエチルケトン、トルエン、エチルベンゼン、*m*-キシレン *o*-キシレン（各 50ppm） ○塩素含有 VOC ガス ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン（各 150ppm） ○試験結果 校正ガス －0.8~0.3%、含酸素 VOC ガス －0.3~1.2%、含塩素ガス －0.7~0.7%でいずれの VOC ガスにおいてもスパン点の安定した繰返し性が確認された。

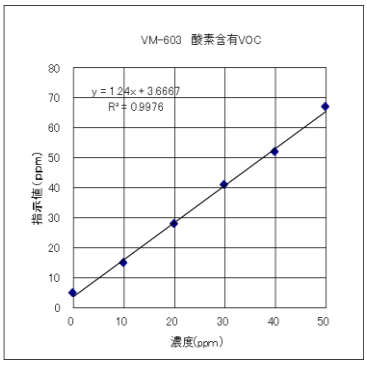
○ 直線性試験

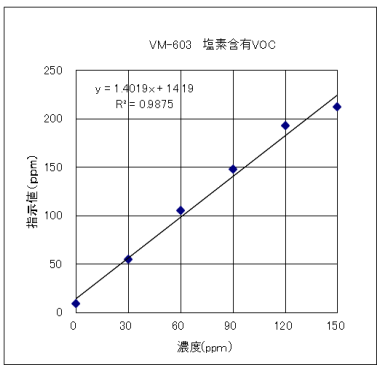
スパン校正ガスのトルエン、酸素や塩素を含有した VOC ガスに対する直線性試験を実施した。校正ガスのトルエン及び酸素含有 VOC ガスに関しては良好な直線性が確認できた。塩素含有 VOC ガスについては、150ppm 付近での相関が若干低下しているが、近似直線の R^2 値は 0.98 以上あり、良好な結果が確認できた。

指示値の絶対値に関しては、それぞれの VOC ガスに対する相対感度があるため、試験ガス種により差異があるが、相対感度については、メーカから提示されている VOC ファクター確認を実施した結果相関性があることが確認できており問題ない。

実証製品	ガス種	結果まとめ
VM-603	スパンガス	○スパン校正ガス：トルエン(88.3ppm) ○酸素含有 VOC ガス メチルエチルケトン、トルエン、エチルベンゼン、*m*-キシレン *o*-キシレン（各 50ppm） ○塩素含有 VOC ガス ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン 各 150ppm） ○試験結果 偏差は、校正ガス 0.4~1.3%、酸素含有 VOC ガス －3.4~3.1%、塩素含有 VOC ガス 2.7~10.6%であった。いずれのガスも近似直線の R^2 値は 0.99 以上であった。







○ 干渉影響試験

干渉影響については、ゼロ点及びスパン点における影響を確認した、酸素及び二酸化炭素についてはゼロ点、スパン点ともに影響は全く見られなかった。水分影響については、ゼロ点で確認された。

但し、VM-603 は、湿度による影響を受ける場合があるので、ゼロ校正した清浄空気の湿度分と測定サンプルガスの湿度差が約±30%以上となった場合には、湿度エラーが表示され、再度測定サンプルガスの湿度条件に近い状態でゼロ校正を実施する仕様となっている。

また、通常ゼロ校正時には、相対湿度が 40～60%程度の活性炭フィルタを使用している。今回の実証試験では、湿度エラー機能を解除し、また活性炭フィルタを使用しない条件で試験を実施した。VM-603 に使用している測定原理及びセンサは過去にも実証試験を実施しており、試験方式の共通化のため、同じ試験方法で実施したが、通常の装置の使用とは異なる条件で試験を実施しているため、実証試験における干渉影響値は、実使用においては、生じないことを注意願いたい。

干渉影響試験結果まとめ

実証製品	結果まとめ
VM-603	酸素濃度 21vol%の測定値を 100（濃度 74ppm）とした場合の酸素濃度 15vol%及び 5vol%における影響はなかった。
	二酸化炭素濃度 1080ppm 及び 1800ppm における影響はなかった。
	水分干渉影響としては、ゼロ点及びスパン点において、同じレベルの影響値が確認された。影響値の表現としては、試験対象レンジである、100ppm に対する影響値として記載した。相対湿度 30%、60%、80%における影響値は、それぞれ 12.5%、31.5%、51.5%であったが、本来装置の実使用条件としては、ゼロ点を相対湿度 10%以下で校正した場合には、相対湿度 60%及び 80%の試験ガスでは湿度エラーを表示し計測しない（再校正が必要）ため、実質的な影響値としては、相対湿度 30%における 12.5%となった。

○ 応答時間試験

装置の測定シーケンスは、自動ゼロ校正→測定→自動クリーニングとなっている。インターバルは 30 秒~1 分程度となっており、実証製品は 30 秒の設定となっていた。このため、応答時間としては、30 秒となった。

実証製品	結果まとめ
VM-603	30 秒

○ 再現性（ドリフト）試験

再現性試験は実証試験開始時に校正を行い、その後装置の校正は実施せず、実証試験終了時に再度、開始時と同条件にて校正ガスを導入し、その偏差を確認した。

実証製品	結果まとめ
VM-603	試験期間中の 10 日間におけるゼロ点変化は 4.5%で、スパン点（幅）は 0%であり、良好な安定性が確認された。

４．実証試験結果まとめ

実証試験結果まとめ

視点	VM-603 結果まとめ
信頼性	繰返し性、直線性、干渉成影響（酸素、二酸化炭素）、応答時間、再現性ともに、非常に良好な性能を有していた。干渉成分の影響（水分）は見られたが、ゼロ校正時とサンプル測定時の湿度差が発生した場合の対処方法について、取扱説明書に「湿度誤差と調整方法に関して」記載されており、記載されている方法、手順により校正を実施すれば、実使用上は問題ない。 連続用途の VOC モニタであるが、再現性（ドリフト）試験においても、安定したデータが確認できているため、長期のモニタリングにも使用可能である。
実用性	測定結果は校正用ガスのトルエン換算濃度であり、トルエン以外の各種 VOC の濃度値を測定したい場合は、各種ガスの換算係数（VOC ファクター）を使用して計算を行う必要がある。換算係数は、取扱説明書にもテーブルとして示されており、実証試験に使用したガスを例に計算を実施した結果、計算値と指示値は非常に良い相関が得られていた。 なお、換算係数は本機のメニュー内で任意に設定することができる。
簡便性	操作手順は非常に簡単かつ容易である。 濃度やシーケンス表示部もシンプルでわかりすい。暖機時間も不要で、応答 30 秒程度と早いため、電源投入後、速やかに測定が可能である。 価格：オープン価格（参考市場価格） 重量：約 3.5kg 電源：AC100V または DC24V 暖機時間：特に必要なし

本編

１．導入と背景

環境技術実証事業は、既に適用可能な段階にありながら、環境保全効果等についての客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的な環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とする。

VOC 簡易測定技術分野については、平成 21 年度より実証を開始し、平成 23 年度からは手数料徴収体制によって実施しており、平成 24 年度から「VOC 等簡易測定技術分野（「等」を追記)」に名称変更するとともに、分野（対象とする物質、対象とする事業所又は測定対象場所、対象とする濃度範囲 等）を拡張した。

例：「排ガス中の TVOC」「室内環境 VOC」「におい」等

平成 25 年度は、VOC 等簡易測定技術分野のうち「室内環境 VOC」、「作業環境 VOC」について実証試験対象技術を募集した。

本実証試験は、VOC 等簡易測定技術実証試験要領において対象となる機器について、以下に示す内容等を客観的に実証するものであり、実証申請者から提出された実証対象製品について、以下の視点から実証を行い、VOC 等削減の自主的取組における利活用の参考となる情報提供を行うものである。

- 製品性能の信頼性
- 測定現場での実用性
- 製品操作等の簡便性

表 1　実証試験の視点

視点	内　　容
信頼性	各実証対象技術の用途において、求められる精度で信頼性ある測定が可能かどうか。
実用性	製品仕様や測定性能等が、測定現場での利用に適しているかどうか。
簡便性	製品仕様や操作手順等が、簡単かつ容易かどうか。

２．実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

実証試験に参加する組織は、図２－１に示すとおりである。また、実証試験参加者の責任分掌は表２－１に示すとおりである。

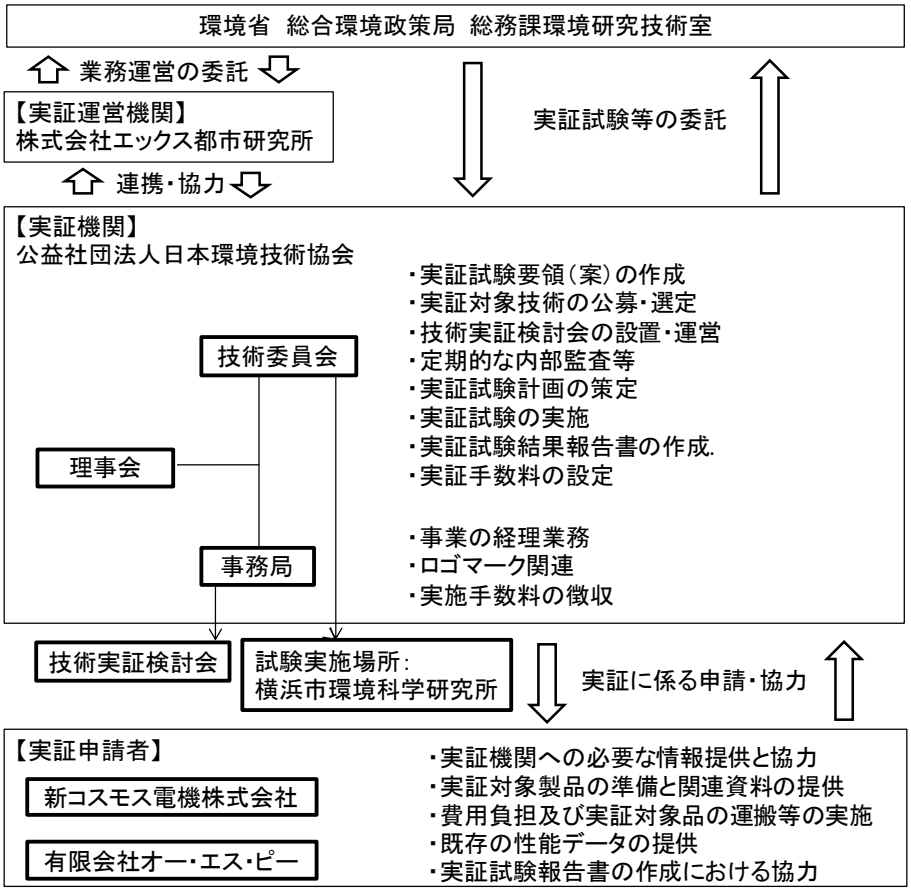


図２－１　実証試験参加組織

表２－１　実証試験参加者の責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	参加者名
実証機関	(公社)日本環境技術協会	実証試験の運営管理	藤原　雅彦（責任者）
		実証試験対象技術の公募・審査	平野　耕一郎
		技術実証検討会の設置・運営	吉成　晴彦
		実証試験計画の策定	加賀　健一郎
		実証試験の実施・結果報告書の作成	水野　裕介
		品質管理システムの構築、実施、維持	賢持　省吾
		データの検証	角　心吾
		実証試験の監査	
環境技術開発者	有限会社 オー・エス・ピー	実証対象機器の準備	吉川　進
		実証対象機器の運転や測定等の補助	

３．実証対象技術（機器等）の概要

本章の情報は、環境技術開発者が自らの責任において申請した内容及びその情報を参考に整理したものであり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

3.1 機器の特徴

測定原理に干渉増幅反射法（(Interference Enhanced Reflection Method:IER 法)を用いた、連続測定用の簡易型の VOC モニタ。測定対象は、トルエン、酢酸エチル、メチルエチルケトン、アルコール類、ジクロロメタンなどのあらゆる揮発性有機物質（VOC）が検知可能である。

測定シーケンスは、ゼロ校正→測定→クリーニングのインターバルを 30 秒~1 分程度で実施され、毎回ゼロ校正を実施するため、ゼロドリフトフリーの装置仕様となっている。

濃度警報やデータをマイクロＳＤカードに保存する機能を有しており、シンプルな操作で現場の作業環境を連続でモニタリングできる装置となっている。

○ 主な特徴

- 毎回測定前に必ず、活性炭フィルタ等を通した清浄空気でゼロ点校正を行うので、ゼロ点のドリフトがなく、低濃度の測定を精度高く行える。
- 主に作業環境測定用として構造をシンプルにし、かつ従来製品に比べてコストダウンを図った。
- 測定対象は、トルエン、酢酸エチル、メチルエチルケトン、アルコール類を初め塩化メチレン（ジクロロメタン）などあらゆるＶＯＣが検知可能。
- 予め設定した濃度を超えると警報動作を起こし、危険を知らせる。同時に外部接点、アナログ信号で外部に情報を送ることができる。
- 測定結果は内部メモリー（マイクロＳＤカード）に保存されるので、作業環境の評価に役立てる事が可能となる。

3.2 測定原理

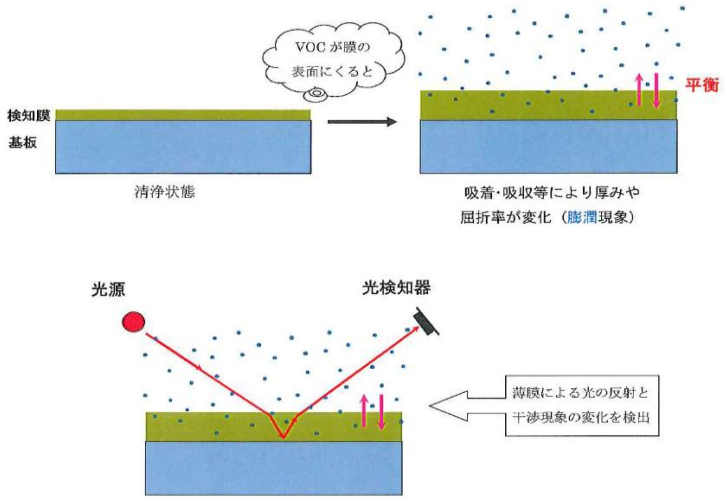
①IER 法とは

高分子薄膜が VOC（被測定物質）に接することにより、VOC ガスを吸収し、その濃度に応じて膨潤する現象と、その膨潤の度合いが光の反射と干渉に変化をもたらす現象とを組み合わせ、VOC 濃度を測定する方法を干渉増幅反射法（Interference Enhanced Reflection Method；IER 法）と称します。

②VOC 成分による高分子膜の膨潤

VOC 検出用にテーラーメードされた高分子薄膜は大気中の種々の VOC 成分と接触すると、その化学的・物理的特性と濃度に比例して瞬時に効率良く吸収して膨潤し、平衡状態に達します。その結果薄膜の厚みが変化します（図Ａ 参照）。高分子膜は、ある特定の成分だけを吸収するのではなく、VOC 成分を区別なく吸収するので VOC 成分の総量（トータル）を検出します（VOC 成分の種類は特定できません）。また、成分の違いやその濃度によって高分子膜の膨

潤の度合い（＝感度）が異なります。膨潤した薄膜は、その後に清浄な空気で置換すると直ちに VOC 成分を放出して初期膜厚に戻るので、可逆性があり繰返し使用することができます。



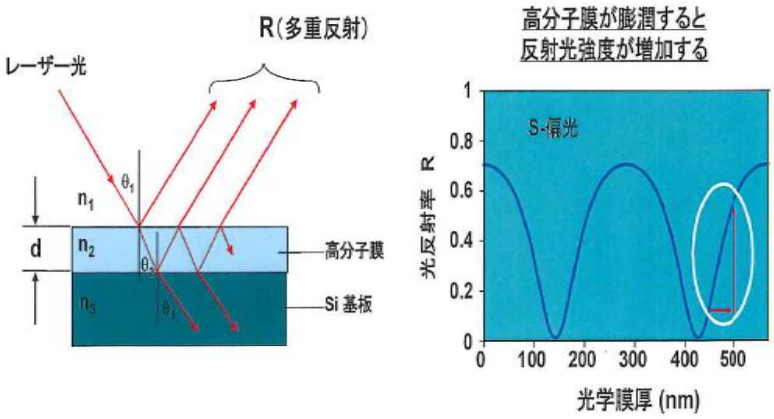
図Ａ VOC 成分による高分子膜の膨潤イメージ

③膨潤現象のイメージ

例えば、お風呂の水（＝膜）の中に大きさの異なったボール（種類の異なるVOC 成分の分子）を沈めていく様子をイメージすることにより膨潤現象が理解できます。
ボールを次から次へと沈めていくと、水位が上昇します（これが膜の膨潤です）。
同じ数のボールを沈めても、ボールの大きさにより水位の上昇に差異が生じます（これがVOC 成分により感度が異なる理由です）。
ボールの大きさが特定されていることにより、水位の上昇をボールの数により特定できます（これが定量値の近似値を表示できる理由です）。

④薄膜の光干渉を応用した化学センサ

図Ｂのように、シリコン（Si）基板上の高分子薄膜（これをセンサーチップと称します）にレーザーのような光をある角度で入射させると、２つの界面による光の多重反射が生じます。VOC 成分により薄膜が膨潤すると、その厚みの変化と屈折率の状態に応じて、それぞれの光波の位相が強めあったり弱めあったりします（＝光の干渉現象が起きます）。この現象は反射光強度をサインカーブ状に増加・減少させます（この曲線をIER 曲線と呼びます）。反射強度が増加するIER 曲線の上り部分を活用することにより、IER 法のセンサとして機能します。つまり高分子薄膜がVOC 成分を吸収して膨潤すると反射光強度が増加し､VOC 成分を放出して膜厚が減少する（＝元に戻る）と反射光強度が減少します。IER 法のVOC センサでは、上述のとおりVOC が高分子薄膜に接触した時の高分子膜の厚みの変化量（濃度ゼロの時との差）を高感度に検出し、トルエン等の検量線と比較してVOC濃度(ppm単位)として表示します。



図Ｂ　IER 法の原理図（薄膜干渉と IER 曲線）

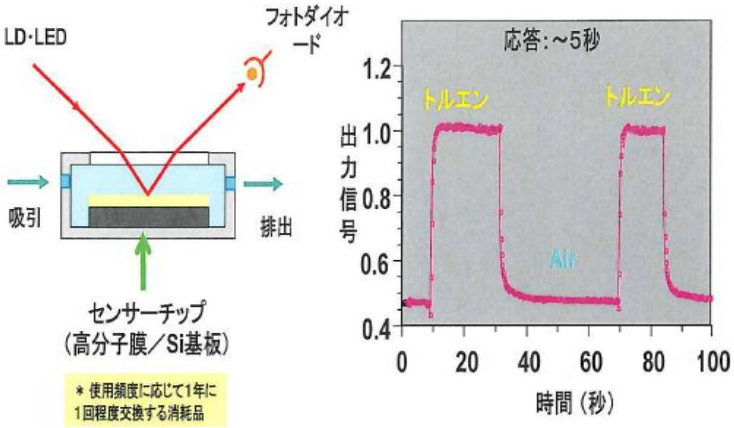
⑤VOC センサの構造と応答

・IER 法の原理図Ｂ のように、センサーチップに対して、レーザー光等の光源を照射し、反射光をフォトダイオード等の光検出器で計測する為に、フローセル構造のセンサーユニットを構成します（図Ｃ 参照）。吸引ポンプ等でサンプルガスを吸引し、センサーチップ表面にガスを接触させます。

・はじめにきれいな空気を導入して、ゼロ点の信号を安定化させます。

・次にトルエン等のVOC を導入すると、高分子膜がVOC を吸収することにより瞬時に反射光強度が増加し、5 秒程度で平衡状態に達して信号が安定します。

・次に、きれいな空気でセンサーチップ表面をクリーニングすると、高分子膜がVOC を放出し、5～10 秒程度で元の状態に戻ります。



図Ｃ　VOC センサ構成図と応答信号

3.3 製品データ

表３－１に実証対象技術の仕様の一部を示した。

表３－１　実証対象技術の仕様の一部

企業名	有限会社オー・エス・ピー
技術・製品の名称	簡易 VOC モニター
技術・製品の型番	VM-603
測定対象物質	揮発性有機物質（VOC）
測定濃度範囲	Ｌ： 5 ～ 100ppm Ｈ：25 ～ 2500ppm
測定原理	干渉増幅反射法
技術の概要	高分子膜が VOC（被測定物質）に接することにより、VOC 分子を吸収し、その濃度に応じて膨潤する現象とその膨潤の度合いが光の反射と干渉に変化をもたらす現象とを組み合わせ、VOC 濃度を測定する方法が干渉増幅反射法（Interference Enhanced Reflection Method：ＩＥＲ法）である。この原理を利用した連続測定用 VOC モニターである。測定シーケンスは、ゼロ点校正→測定→クリーニングのサイクルで行う。１サイクルの時間は約 30 秒～１分程度で行う。
性能データ	繰返し精度 指示値の±10%程度または動作レンジにおけるフルスパンの 5%以内
重量（kg）	約 3.5kg
価格（円）	オープン価格
外形寸法	W 230 × D 100 × H 260 mm
概観	
利用用途	作業環境の連続監視。VOC の漏えい検知。
校正用標準物質等	有（調製済）トルエン
校正方法	本体メニュー内の校正モード（SPAN CAL）を選択し、予め調製されたトルエンガス濃度を設定した後、校正用ガスを本器に与えると自動的に校正が完了する。
サンプリング方式	内蔵ダイヤフラムポンプによる吸引式
電　源	AC100V または DC24V
操作環境（室温）	5 ℃～　40 ℃
操作環境（相対湿度）	20 %～　95 %
操作環境（その他）	ダストの多い場所、腐食性ガスが存在する場所は避ける。非防爆構造なので設置場所は安全区画とする。
製品保管条件	直射日光、40℃を超える高温、90％ＲＨ以上の高湿度、腐食性ガスの存在する場所での保管は避ける。
製品保証期間	製品出荷後１年
応答時間	測定開始後 5～30 秒（VOC 成分の種類・濃度により異なる）

3.4 性能データ

実証申請書に添付されたメーカ確認の性能データを、表３－２、及び次ページに示した。

表３－２　測定対象成分と測定範囲

有機化合物分類	ガス名（VOC成分）	測定能力	測定範囲（ppm） @Lowレンジ			@Highレンジ			精度
	イソブタン	○	225	～	22500	5625	～	562500	
	1,3-ブタジエン	○	66	～	6600	1650	～	165000	
	シス-2-ブテン	○	61.5	～	6150	1538	～	153750	
アルカン	ペンタン	○	29.4	～	2941	735	～	73529	
	ヘキサン	○	10	～	1000	250	～	25000	
	シクロヘキサン	○	4.3	～	435	109	～	10870	
	メチルシクロヘキサン	○	3.3	～	333	83.3	～	8333	
	エチルシクロヘキサン	○	0.8	～	80	20.0	～	2000	
	ヘプタン	○	3.3	～	333	83.3	～	8333	
	オクタン	○	1.4	～	143	35.8	～	3575	
	デカン	○	0.13	～	13	3.3	～	325	
	ウンデカン	○	0.03	～	3	0.75	～	75	
	ドデカン	○	0.01	～	1	0.4	～	35	
アルコール	メタノール	○	100	～	10000	2500	～	250000	
	エタノール	○	25	～	2500	625	～	62500	
	1－プロパノール	○	5.2	～	520	130	～	13000	
	2-プロパノール（イソプロパノール：IPA）	○	9.0	～	900	225	～	22500	
	1-ブタノール	○	1.1	～	110	27.5	～	2750	
	tert-ブタノール（TBA）	○	6.6	～	660	165.0	～	16500	
	2,2,3,3－テトラフルオロプロパノール	○	0.59	～	59	14.8	～	1475	
ケトン	アセトン	○	23.1	～	2310	578	～	57750	
	メチルエチルケトン（MEK）	○	6.0	～	600	150	～	15000	
	メチルイソブチルケトン（MIBK）	○	1.0	～	100	25.0	～	2500	
	2-ヘプタノン（メチル-n-アミルケトン：MAK）	○	0.23		23	5.8		575	
	シクロヘキサノン	○	0.2	～	20	5.0	～	500	
ニトリル	アセトニトリル	○	20	～	2000	500	～	50000	
アルデヒド	ホルムアルデヒド	○	3.4	～	340	85.0	～	8500	
	グルタルアルデヒド	○	0.1	～	8	2.0	～	200	
エーテル	テトラヒドロフラン（THF）	○	6.7	～	670	168	～	16750	
	メチルセルソルブ（エチレングリコールモノメチルエーテル）	○	4.0	～	400	100	～	10000	
	プロピレングリコールモノメチルエーテル	○	1.8	～	180	45.0	～	4500	
	プロピレングリコールモノノルマルプロピルエーテル（PNP）	○	0.3	～	30	7.5	～	750	
エステル	酢酸エチル	○	5.6	～	560	140	～	14000	
	酢酸プロピル	○	1.9	～	190	47.5	～	4750	
	酢酸ブチル	○	0.7	～	70	17.5	～	1750	
	酢酸イソアミル	○	0.5	～	50	12.5	～	1250	
	酢酸ビニル	○	1.6	～	160	40.0	～	4000	
	ジメチルカーボネート （DMC）	○	6.0	～	600	150.0	～	15000	
	メチルエチルカーボネート	○	1.8	～	180	45.0	～	4500	
	ジエチルカーボネート	○	0.63	～	63	15.8	～	1575	精度
	エチレンカーボネート	○	0.58	～	58	14.5	～	1450	
	プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート(PMA)	○	0.33	～	33.0	8.3	～	825	
	エチレングリコールモノブチルエーテルアセテート	○	0.03	～	3	0.8	～	75	指示値の±20％以内、または動作レンジにおけるフルスパンの±5%以内のどちらか大きい方（使用条件・測定環境等により変動する場合あり）
	メチルシクロヘキシルアセテート	○	0.02	～	2	0.5	～	50	
酸	ギ酸	○	3.1	～	310	77.5	～	7750	
	酢酸	○	1.1	～	110	27.5	～	2750	
	プロピオン酸	○	0.32	～	32	8.0	～	800	
ラクトン	γ -ブチロラクトン	○	0.4	～	40	10.0	～	1000	
アミド類	N,N-ジメチルホルムアミド（DMF）	○	0.5	～	50	12.5	～	1250	
	N,N-ジメチルアセトアミド（DMAc）	○	0.4	～	40	10.0	～	1000	
	N-メチル-2-ピロリドン（NMP）	○	0.05	～	5	1.3	～	125	
含窒素五員環	2-イソプロペニル-2-オキサゾリン （IPO）	○	0.12	～	12	3.0	～	300	
芳香族	ベンゼン	○	4.2	～	420	105	～	10500	
	トルエン	○	1.0	～	100	25.0	～	2500	
	o－キシレン	○	0.3	～	30	7.5	～	750	
	m－キシレン	○	0.4	～	36	9.0	～	900	繰返し性
	キシレン（異性体混合）	○	0.28	～	28	7.0	～	700	
	エチルベンゼン	○	0.2	～	20	5.0	～	500	指示値の±10％程度、または動作レンジにおけるフルスパンの±3%以内のどちらか大きい方（使用条件・測定環境等により変動する場合あり）
	スチレン	○	0.15	～	15	3.8	～	375	
	クロロベンゼン	○	0.4	～	40	10.0	～	1000	
	o－ジクロロベンゼン	○	0.06	～	6	1.5	～	150	
	メトキシベンゼン（アニソール）	○	0.14	～	14	3.5	～	350	
	1,2,4-トリメチルベンゼン	○	0.14	～	14	3.5	～	350	
	1,3,5-トリメチルベンゼン	○	0.11	～	11	2.8	～	275	
	スワゾール	○	0.02	～	2	0.5	～	50	
	テトラリン（1,2,3,4-テトラヒドロナフタレン）	○	0.04	～	4	1.0	～	100	
ハロゲン	塩化メチル（クロロメタン）	○	232	～	23200	5800	～	580000	
	塩化ビニル（クロロエチレン）	○	123	～	12300	3075	～	307500	
	クロロホルム	○	4.0	～	400	100	～	10000	
	トリクロロエチレン（トリクレン）	○	2.0	～	200	50.0	～	5000	
	テトラクロロエチレン（パークレン）	○	0.8	～	80	20.0	～	2000	
	ジクロロメタン（塩化メチレン）（DCM、MC）	○	13.3	～	1330	333	～	33250	
	四塩化炭素	○	4.0	～	400	100	～	10000	
	1,2-ジクロロエタン	○	3.2	～	320	80.0	～	8000	
	1,1-ジクロロエチレン	○	21.8	～	2180	545	～	54500	
	シス-1,2-ジクロロエチレン	○	5.3	～	530	133	～	13250	
	トランス-1,2-ジクロロエチレン	○	13.0	～	1300	325	～	32500	
	1,1,1-トリクロロエタン	○	4.0	～	400	100	～	10000	
	1,1,2-トリクロロエタン	○	0.7	～	70	17.5	～	1750	
	1,3-ジクロロプロペン	○	1.0	～	100	25.0	～	2500	
	1-ブロモプロパン	○	5.8	～	580	145.0	～	14500	
	エピクロルヒドリン	○	1.2	～	120	30.0	～	3000	
	セボフルラン	○	20	～	2000	500	～	50000	
	イソフルラン	○	7.6	～	760	190	～	19000	
	エンフルラン	○	6.9	～	690	173	～	17250	
	HFC-365mfc（1,1,1,3,3-ペンタフルオロブタン）	○	46.0	～	4600	1150	～	115000	
	CFC-11（AF-11）（トリクロロフルオロメタン）	○	39.0	～	3900	975	～	97500	
	HCFC-225（アサヒクリン AK-225）	○	10	～	1000	250	～	25000	
	1H-トリデカフルオロヘキサン（AC-2000）	○	74	～	7400	1850	～	185000	
	HFE-347pc-f （アサヒクリン AE-3000）	○	22	～	2220	555	～	55500	
	HFO-1234yf（2,3,3,3-テトラフルオロ-1-プロペン）	○	680	～	68000	17000	～	1700000	
	HFC-32（フルオロカーボン－32、R-32）	○	2040	～	204000	51000	～	5100000	
ケイ素類	テトラエトキシシラン（TEOS）	○	0.09	～	9.0	2	～	225	
	トリメチルシラノール（TMS）	○	2.50	～	250	63	～	6250	
	デカメチルシクロペンタシロキサン（D5）	○	0.1	～	10	2.5	～	250	
石油類	ガソリン（ヘプタン換算）	○	0.4	～	40	10.0	～	1000	
	灯油（デカン換算）	○	0.04	～	4	1.0	～	100	
	軽油（ドデカン換算）	○	0.1	～	10	2.5	～	250	
	出光スーパーゾル（LA25、FP25）	○	0.11		11	2.8		275	
	ニッコーホワイトN-10（日鉱石油）	○	0.1		10	2.5		250	
	アクアソルベントG（アクア化学）	○	0.14	～	14	3.5	～	350	
	アクアソルベントQF（アクア化学）	○	0.13	～	13	3.3	～	325	
	LAWS（SHELL）	○	0.06	～	6	1.5	～	150	
	エクソール D-40（EXXON）	○	0.2	～	20	5.0	～	500	

【性能試験結果等の参考資料（データ類）】

1. トルエン計測に関して

1） 低濃度計測：Low レンジ

- **試料**：パーミエーター（GASTEC PB-1B、ディフュージョン・チューブ D-05）にて 50℃でトルエン試薬を揮発させて作成。濃度 6 ~ 93 ppm。
- **計測条件**：計測時間 5 分、待機時間 3 分、DA output range 200 ppm（4－20mA 出力をロギング）、VOC factor 1.0、ゼロガスは実験室大気を、活性炭フィルタを通して VM-603 に導入。
- **結果**：下図 1（左）に示す通り、シグナルの立ち上がりは早く、計測時間にわたってシグナルが安定していた。右図より作成したトルエン濃度と VM-603 の濃度表示は 1:1 の関係から若干外れたが、回帰直線の傾きが 1.1245 になり、約 12%の精度で計測できていた。また回帰直線の相関係数が 0.9783 と 1 に近く、良い直線関係が見られた。

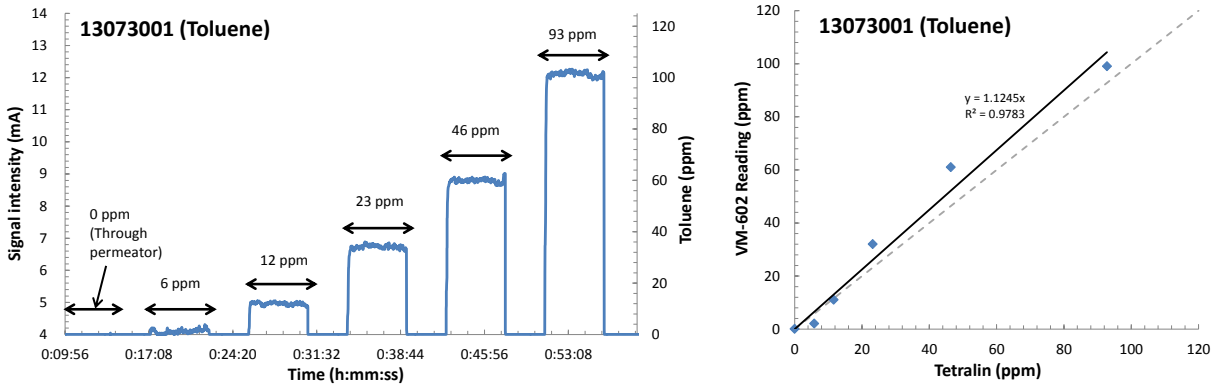


図 1. VM-603 にてトルエンを計測した結果、（左）濃度を変化させて計測した時間変化。（右）作成したトルエン濃度と VM-603 の指示値、横軸は作成したトルエン濃度、縦軸は VM-603 表示濃度。破線は 1:1 に対応する線。

2） 高濃度計測：High レンジ

- **試料:** 9.0、87、174 µL のトルエン試薬を揮発させて、RG-240A を使用して 20 L のガスバッグに希釈することで、それぞれ 103.5 ppm、1000 ppm、1997 ppm の試料を作成。
- **計測条件:** 待機時間 5 分、計測時間を 60 秒、DA Output Range 4000 ppm、VOC factor 1.0、ゼロガスは実験室大気を、活性炭フィルタを通して VM-603 に導入。
- **結果:** 図 2（左）に示すように、トルエンの場合は低濃度（～100 ppm）の場合と同様、シグナルの立ち上がりは早く、計測時間中にわたってシグナルが安定していた。図 2（右）にトルエン濃度と VM-603 表示の 3 回の平均と標準偏差を示す。1997 ppm の時にトルエン濃度より若干高い濃度表示になったが、回帰直線の傾きが 1.1259 となり、約 13%の精度で計測できていた。また回帰直線の相関係数が 0.9946 と、直線性も良く計測ができていた。

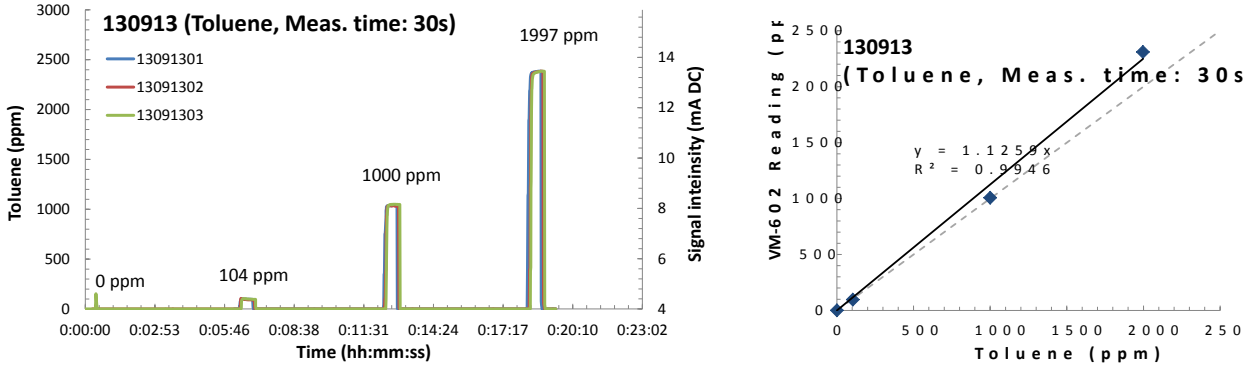


図 2.（右）トルエン計測の時間変化。3 回の計測結果。（左）試料のトルエン濃度と VM-603 の表示値の関係。左図 3 回の計測の平均と標準偏差。黒直線は回帰直線、灰破線は 1:1 に対応する線。

3.5 現場における実ガス測定希望（オプション）

申請時の現場における実ガス測定（オプション）希望の有無は、表３－３に示した。
現場における実ガス測定（オプション）試験は、申請機関と協議の上、実施しないこととなった。

表３－３　現場における実ガス測定（オプション）希望の有無

申請機関名	技術・製品の名称・型番	希望の有無
有限会社オー・エス・ピー	簡易 VOC モニター　VM-603	無

４．実証試験場所の概要

4.1 実証試験場所の名称等

・名称　横浜市環境科学研究所
・住所　横浜市磯子区滝頭１－２－１５

4.2 実証試験設備

実証試験設備は、横浜市環境科学研究所の標準ガス試験室に設置されている、標準ガス発生装置を使用した。この装置は、ガスの混合、圧力制御、流量制御が可能で、また加湿器が装置に組み込まれており、発生させたガスの湿度コントロールも可能なシステムとなっている。

標準ガス試験室は部屋全体の温度制御及び湿度制御が可能であり、安定した条件で試験が可能な設備となっている。

装置全景

分析計及び制御部

流量制御及び加湿器

装置制御系

５. 実証試験の内容

5.1 試験期間

実証試験は平成 25 年 12 月 9 日（月）～12 月 20 日（金）の期間において、表５－１に示す試験スケジュールに基づき実施した。また、実証試験に関しては「平成 25 年度 環境技術実証事業 実施要領」(平成 25 年４月１日)及び「VOC 等簡易測定技術 実証試験要領」（平成 25 年８月 29 日）に従い実施した。

表５－１　試験スケジュール

12 月 9 日（月）	12 月 10 日（火）	12 月 11 日（水）	12 月 12 日（木）	12 月 13（金）
試験機持込み 試験機材持込み 調整、準備	予備試験	校正・希釈率の 検査実施 各種ガスの繰返し 性、直線性	各種ガスの繰返し 性、直線性	各種ガスの繰返し 性、直線性
12 月 16 日（月）	12 月 17 日（火）	12 月 18 日（水）	12 月 19 日（木）	12 月 20 日（金）
各種ガスの繰返し 性、直線性	干渉影響試験 準備・予備試験	干渉影響試験 （酸素、二酸化炭 素、水分）	干渉影響試験 （酸素、二酸化炭 素、水分）	再現性 撤去 （予備日）

5.2 実証対象試験機の台数等

試験に供する実証製品の台数は１台、比較用測定機（FID※：水素炎イオン化検出器、排ガス VOC 測定の公定法。）の台数は１ 台とした。

表５－２に実証製品、及び比較用測定機の仕様の一部を示した。

表５－２　実証製品、公定法比較機の仕様の一部

型番	測定原理	測定範囲	試料採取	備考
VM-603	干渉増幅反射法	L： 5 ～ 100ppm H：25 ～ 250ppm	内蔵ポンプ 0.5 L/min	
GHT-200	FID （水素炎イオン化検出器）	0～10ppm から 10,000 ppmC	0.5 L/min	東亜ディーケーケー製

5.3 実証項目

本実証試験では、実証対象製品の個別の物質の測定能力は、原則として申請者が提出する書類を参考にする。ただし、今年度試験を実施する簡易測定器の基本的な測定物質と考えられる、トルエンについては、本実証試験でも測定した。

一般に、現場では複数の種類の VOC が同時に存在しており、本実証試験ではこれらを模した混合ガス(模擬ガス)を包括的に測定した。

実証項目別の視点と方法は、表５－３に示した。

表５－３　実証項目別の視点と方法

項目	指標	視点			方法	
		信頼性	実用性	簡便性	書類	試験
１．個別ガス測定に係る評価項目（書類確認＋実測）						
①測定範囲			○		○	－
②繰返し性	偏差等	○			○	◎
③直線性	相関等	○			○	◎
④干渉影響試験	比率等	○			○	◎
⑤応答時間	時間	○	○		○	◎
⑥相対感度（必要な場合）	比率等		○		○	－
⑦再現性	偏差等	○			－	◎
２．模擬ガス測定に係る評価項目（実測）						
①測定範囲			○		○	－
②繰返し性	偏差等	○			○	◎
③直線性	相関等	○			○	◎
④干渉影響試験	比率等	○			○	－
⑤応答時間	時間	○	○		○	◎
⑥ppmC 換算（必要な場合）			○		○	◎
３．現場における実ガス測定に係る評価項目（オプション）						
①繰返し性	偏差等	○			－	◎
②他分析法（公定法、GC-MS 等）との比較	相関等		○		－	◎

注：方法の◎印は、実証に当たって、実測等によってデータを取得する。

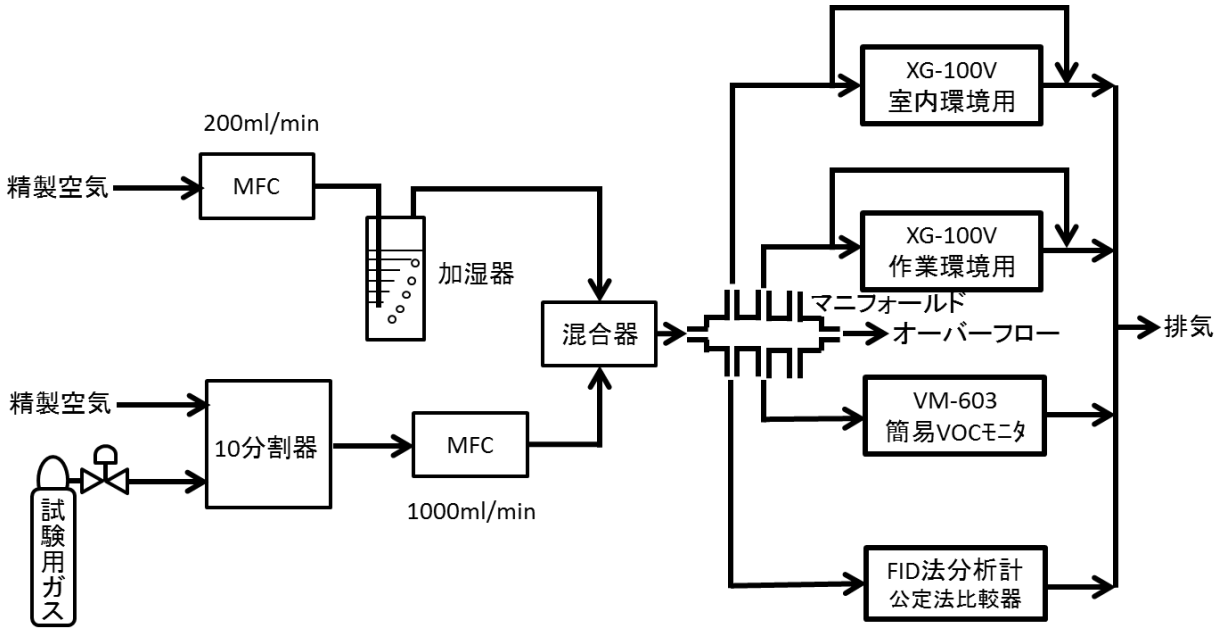
5.4 実証試験実施方法

5.4.1 基本性能試験

試験は、試験用ガスをマニフォールドに流し、基本的に実証対象技術（試験機）、比較機に同時に導入し、測定する方法で実施した。図５－１に実証試験の基本流路系統図を示した。

試験データはデジタル指示値（表示部）を読み取り excel File に書き込むとともに、試験機からの濃度のアナログ出力を、データロガを使用してパソコンに取り込み保存した。

図５－１　実証試験の基本流路系統図（校正時等直接導入）



＊ ゼロ点、スパン調整は基本的に取り扱い説明書に記載された方法によって実施した。
＊ ゼロガスは大気を精製した空気を使用した。
＊ 標準ガス、試験用ガスには、少量（25 ℃ 相対湿度 5%程度）の水分添加を原則とした。
＊ 試験用ガス（校正ガス、模擬ガス）は環境技術実証事業開始以降に実施した試験の共通性も意識してガス種及び濃度の選定を実施した。
＊ 各試験用ガスは各 30 分間程度導入して、その指示値を読んだ。

5.4.2 試験用ガスの種類と濃度

試験用ガスの種類と濃度を下記表５－４に示す。ガスはゼロガスの窒素を除き全て Air バランスガスを使用した。導入ガス濃度は各実証対象技術により異なる。

本試験で使用したガスは、①、③、④、⑤、⑥である。

表 ５－４ 試験用ガス

		用途	ガス種	化学式	濃度
①	5 種混合ガス	試験用	イソプロピルアルコール	i-C_3H_7OH	50ppm
			酢酸エチル	$CH_3COOC_2H_5$	50ppm
			トルエン	C_7H_8	50ppm
			n-ヘキサン	n-C_6H_{14}	50ppm
			メチルエチルケトン	$CH_3COC_2H_5$	50ppm
②	5 種混合ガス	XG-100V 室内環境用スパンガス	エチルベンゼン	$C_6H_5C_2H_5$	0.1ppm
			o-キシレン	C_8H_{10}	0.1ppm
			スチレン	C_8H_8	0.1ppm
			トルエン	C_7H_8	0.1ppm
			m-キシレン	C_8H_{10}	0.1ppm
③	3 種混合ガス	試験用	ジクロロメタン	CH_2Cl_2	150ppm
			トリクロロエチレン	C_2HCl_3	150ppm
			テトラクロロエチレン	C_2Cl_4	150ppm
④	単一ガス	VM-603 スパンガス	トルエン	C_7H_8	100ppm
⑤	単一ガス	干渉影響用ガス	二酸化炭素	CO_2	2000ppm
⑥	ゼロガス	ゼロガス	窒素(99.99995%)	N_2	
⑦	6 種混合ガス	XG-100V 作業環境用スパンガス	エチルベンゼン	$C_6H_5C_2H_5$	15ppm
			o-キシレン	C_8H_{10}	15ppm
			トルエン	C_7H_8	15ppm
			m-キシレン	C_8H_{10}	15ppm
			メチルエチルケトン	$CH_3COC_2H_5$	15ppm

5.4.3 繰返し性、直線性、応答時間 試験

図５－２の流路で試験用ガスを調製し、繰返し性、直線性試験を実施した。応答時間は繰返し性試験時に測定した。試験用ガスの調製方法を図５－２に、試験パターンを図５－３に示した。なお、試験用ガスの種類と導入ガス濃度は各実証対象技術により異なる。

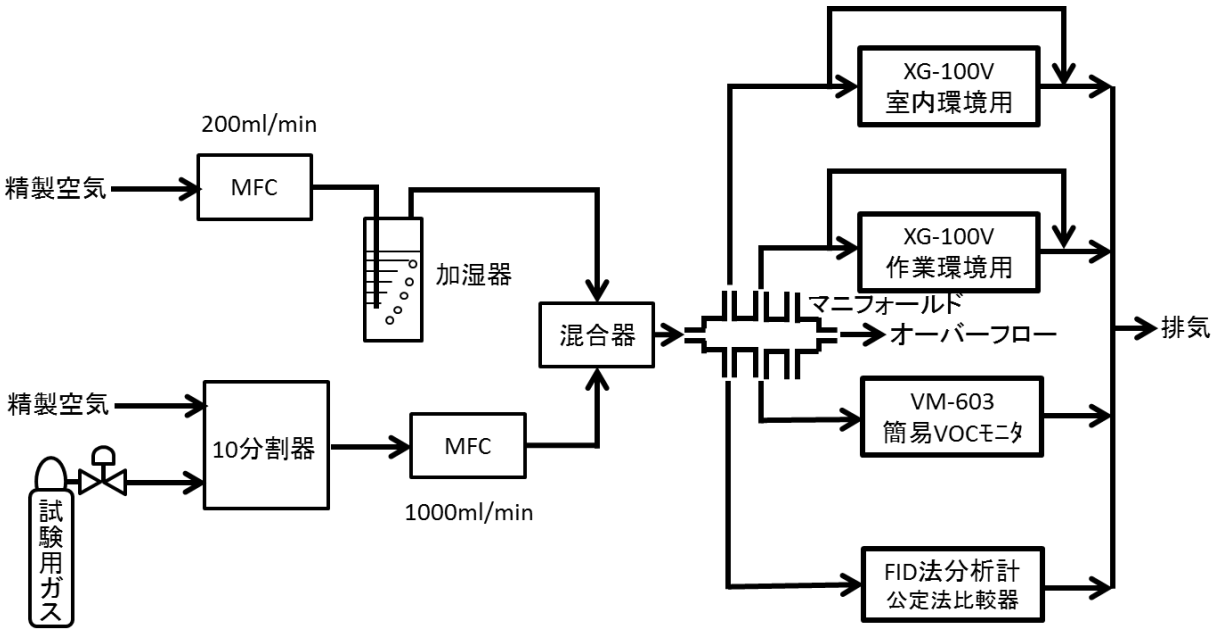


図５－２　繰返し性、直線性、応答時間試験の流路系統図

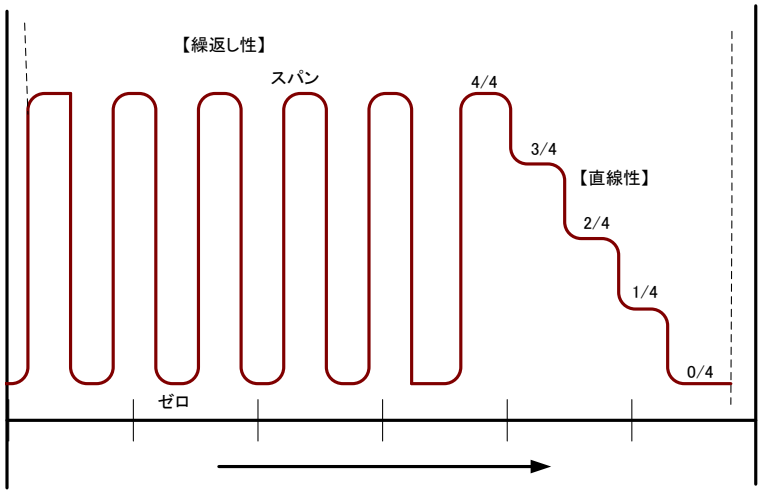


図５－３　繰返し性、直線性試験パターン

5.4.4 干渉影響試験

干渉影響試験は酸素、二酸化炭素、水分について実施した。

試験はゼロガス（精製空気）にそれぞれ、窒素、二酸化炭素、水分を添加調製して実施すると共に、各スパンガスに、窒素、二酸化炭素、水分を添加調製して実施した。

なお、ゼロガスでの試験結果に有意な影響が見られた場合、スパンの試験結果は、補正（ゼロガスの影響分を差し引く）することを前提に試験を実施した。

1)酸素影響試験

酸素影響試験の酸素濃度は約 21、15、5 vol%について試験を実施した。試験用ガスの調製方法を図５－４に、試験パターンを図５－５に示した。

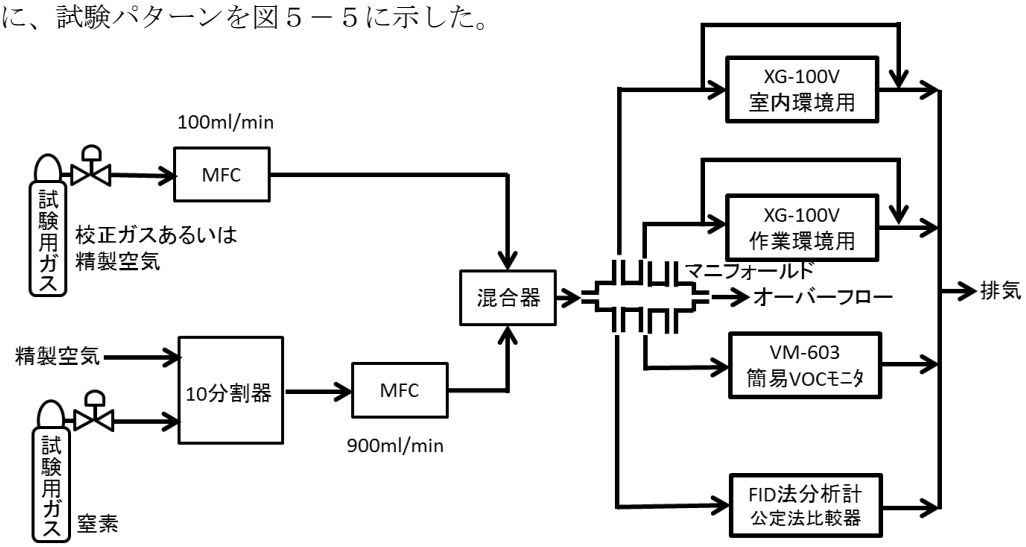


図５－４　酸素影響試験の流路系統図

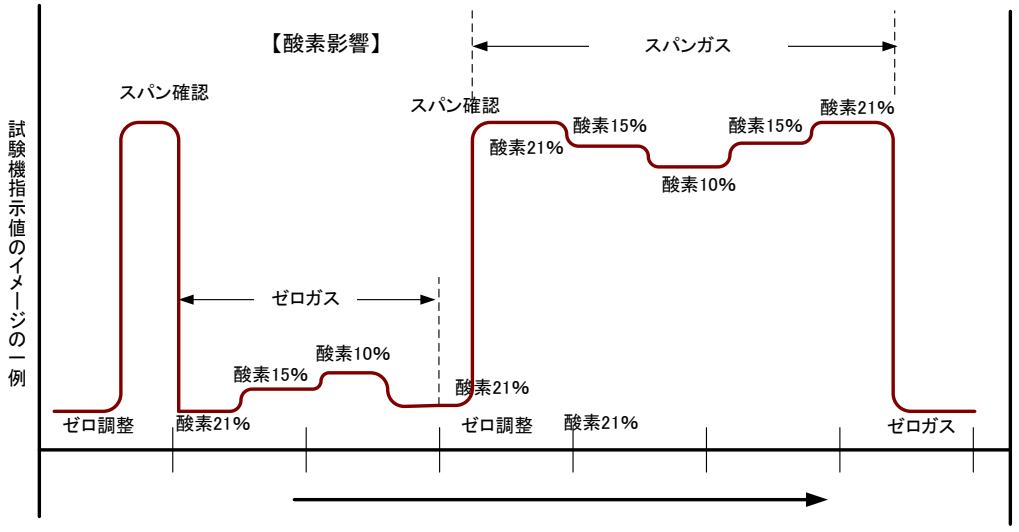


図５－５　酸素影響試験のパターン

2) 二酸化炭素影響試験

二酸化炭素影響試験の二酸化炭素濃度は約 2000、1000 ppm について試験を実施した。試験用ガスの調整方法を図５－６に、試験パターン図５－７に示した。

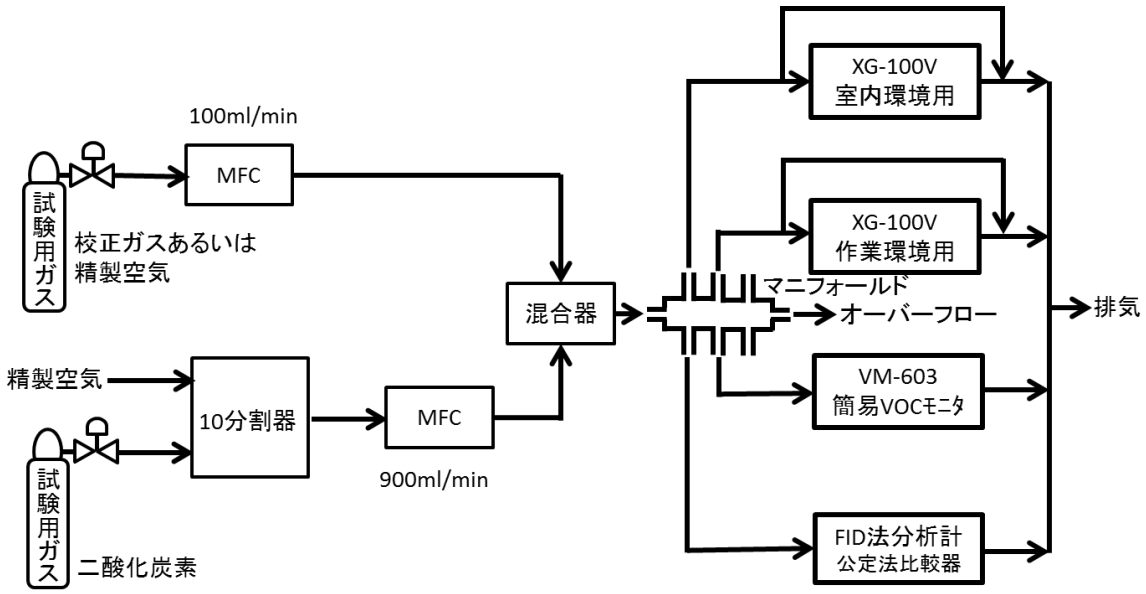


図５－６　二酸化炭素影響試験の流路系統図

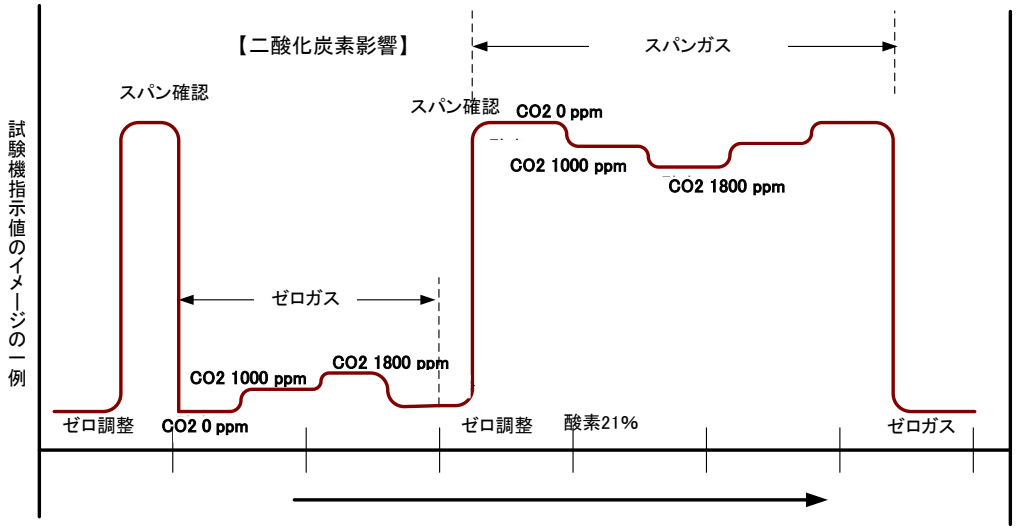


図５－７　二酸化炭素影響試験のパターン

3) 水分影響試験

水分影響試験の水分濃度は 25℃付近における相対湿度 80、60、30 %について試験を実施した。試験用のガス調整方法を図５－８に、試験パターンを図５－９に示した。

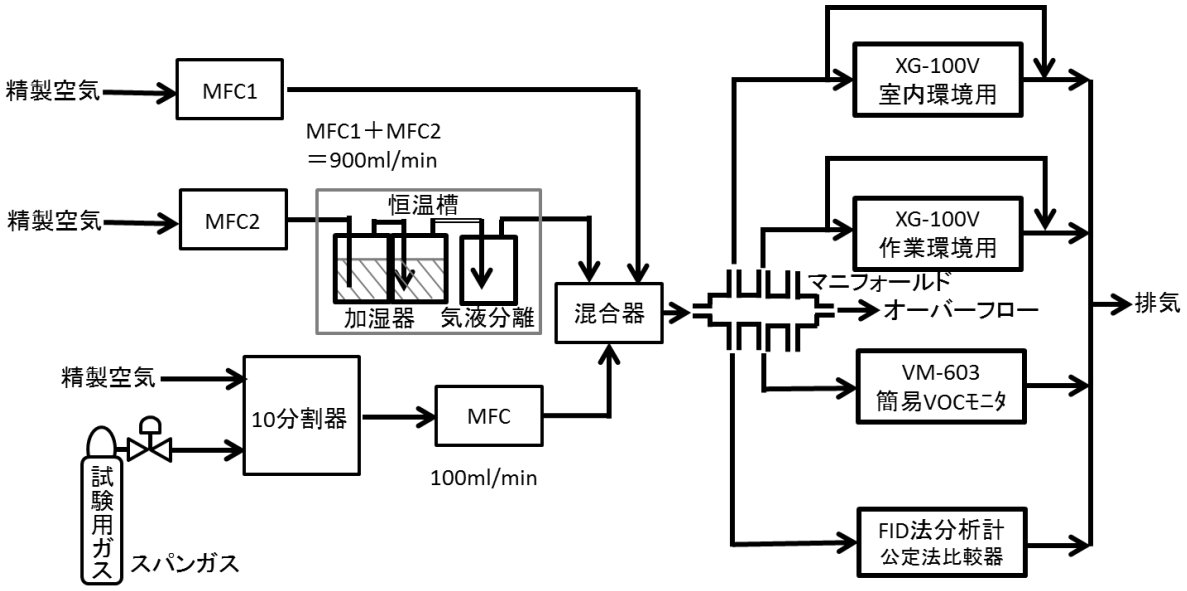


図５－８　水分影響試験の流路系統図

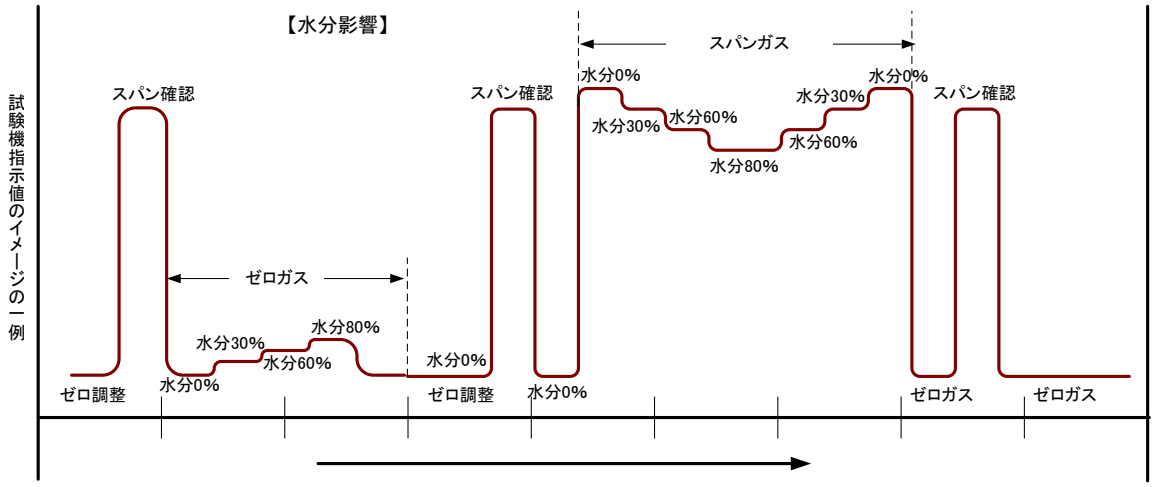


図５－９　水分影響試験のパターン

4) 再現性（ドリフト）試験

試験期間中（2 週間）に、高圧容器詰め標準ガスを導入し、測定した時の各々の指示値を読み、初回の指示値からの偏差を調べる。

試験期間中は校正は行わず、スパン感度の確認のみ行い、他の試験完了時に、試験開始時に使用した校正ガスを導入し、偏差を調べることにより、再現性（ドリフト）試験とする。

5.5　現場における実ガス測定

現場における実ガス測定（オプション）試験は、申請機関と協議の上、実施しないこととなった。

６．実証試験結果と考察

6.1 繰返し性試験

1) 試験結果

試験結果を表６－１、表６－２、表６－３に示した。

なお、偏差（%）＝（指示値－平均値）÷スパン平均値×100 とした。

表６－１　スパンガス繰返し性試験結果

試験日：2013年　12月10日（火）
試験ガス：トルエン　88.3ppm

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度（ppm）	混合ガスVOC各濃度（ppm）	VOC濃度（ppmC）	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ	Air	0.0	－	0.0	1	2
スパン	④トルエン	88.3	－	618.1	607	90
ゼロ	Air	0.0	－	0.0	2	3
スパン	④トルエン	88.3	－	618.1	607	91
ゼロ	Air	0.0	－	0.0	2	2
スパン	④トルエン	88.3	－	618.1	607	91
ゼロ	Air	0.0	－	0.0	2	3
スパン	④トルエン	88.3	－	618.1	608	91
ゼロ	Air	0.0	－	0.0	2	3
繰り返し性				ゼロ平均値	1.8	2.6
平均値からの偏差(%)				最大値偏差	0.0	0.4
				最小値偏差	−0.1	−0.7
				スパン平均値	607.3	90.8
				最大値偏差	0.1	0.3
				最小値偏差	0.0	−0.8

表６－２　酸素含有 VOC ガス繰返し性試験結果

試験日：2013年12月11日（水）
試験ガス：VOC5成分（n−ヘキサン、イソプロピルアルコール、酢酸エチル、メチルエチルケトン、トルエン）　各成分　5

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度（ppm）	混合ガスVOC各濃度（ppm）	VOC濃度（ppmC）	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ	Air	0	0	0	3	3
スパン	①VOC_5種混合	250	50	1950	877	67
ゼロ	Air	0	0	0	2	4
スパン	①VOC_5種混合	250	50	1950	875	67
ゼロ	Air	0	0	0	3	3
スパン	①VOC_5種混合	250	50	1950	877	67
ゼロ	Air	0	0	0	3	2
スパン	①VOC_5種混合	250	50	1950	877	68
ゼロ	Air	0	0	0	3	4
繰り返し性				ゼロ平均値	2.8	3.0
平均値からの偏差(%)				最大値偏差	0.0	1.5
				最小値偏差	−0.1	−1.5
				スパン平均値	876.5	67.3
				最大値偏差	0.1	1.1
				最小値偏差	−0.2	−0.4

表６－３　塩素含有 VOC ガス繰返し性試験結果

試験日：2013年12月19日（木）
試験ガス：VOC3成分（ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン） 各成分　150ppm

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度（ppm）	混合ガスVOC各濃度（ppm）	VOC濃度（ppmC）	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ	Air	0	0	0	－	5
スパン	③VOC_3種混合	450	150	750	－	211
ゼロ	Air	0	0	0	－	6
スパン	③VOC_3種混合	450	150	750	－	209
ゼロ	Air	0	0	0	－	8
スパン	③VOC_3種混合	450	150	750	－	212
ゼロ	Air	0	0	0	－	8
スパン	③VOC_3種混合	450	150	750	－	210
ゼロ	Air	0	0	0	－	8
繰り返し性				ゼロ平均値	－	7.0
平均値からの偏差(%)				最大値偏差	－	0.5
				最小値偏差	－	−1.0
				スパン平均値	－	211
				最大値偏差	－	0.7
				最小値偏差	－	−0.7

2) 結果の考察

スパン校正ガスとしてはトルエンを使用し、酸素や塩素を含有した VOC ガスに対しても試験を実施した。ガス種及び濃度に関しては、過去に実施した実証試験との共通化を観点において選定した。

試験結果としては、ゼロ点、スパン点ともにいずれの VOC ガスにおいても、最大で±1.5%以内であり、良好な結果が確認できた。

表６－４　繰返し性試験結果まとめ

実証製品	ガス種	結果まとめ
VM-603	ゼロ	○ゼロガス：空気 ○試験結果 校正ガス（トルエン）－0.7~0.4%、酸素含有 VOC ガス －1.5~1.5%、塩素含有 VOC ガス －1.0~0.5%でいずれの VOC ガスにおいてもゼロ点の安定した繰返し性が確認された。
	スパン	○スパン校正ガス：トルエン(88.3ppm) ○酸素含有 VOC ガス メチルエチルケトン、トルエン、エチルベンゼン、*m*-キシレン *o*-キシレン（各 50ppm） ○塩素含有 VOC ガス ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン（各 150ppm） ○試験結果 校正ガス －0.8~0.3%、含酸素 VOC ガス －0.3~1.2%、含塩素ガス －0.7~0.7%でいずれの VOC ガスにおいてもスパン点の安定した繰返し性が確認された。

6.2 直線性試験

1) 試験結果

試験結果及び相関散布図を表６－５、表６－６、表６－７に示した。

なお、偏差（%）＝（測定濃度－試験濃度）÷試験時の最大濃度×100 とした。

表６－５ スパンガス直線性試験結果

試験日:2013年 12月11日(水)
試験ガス:トルエン 88.3ppm

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度 (ppm)	混合ガスVOC各濃度 (ppm)	VOC濃度 (ppmC)	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ(0/5)	Air	0.0	−	0.0	**1.0**	**3**
スパン(5/5)	VOC混合④	88.3	−	618.3	**620.0**	**92**
スパン(4/5)	VOC混合⑧	70.7	−	494.7	**499.0**	**75**
スパン(3/5)	VOC混合⑧	53.0	−	371.0	**375.0**	**57**
スパン(2/5)	VOC混合⑧	35.3	−	247.3	**252.0**	**39**
スパン(1/5)	VOC混合⑧	17.7	−	123.7	**127.0**	**22**
ゼロ(0/5)	Air	0.0	−	0.0	**2.0**	**3**
直線性				4/5	0.5	0.9
5/5値からの偏差(%)				3/5	0.4	0.7
				2/5	0.5	0.4
				1/5	0.4	1.3
				0/5	0.2	0.0

表６－６ 酸素含有 VOC ガス直線性試験

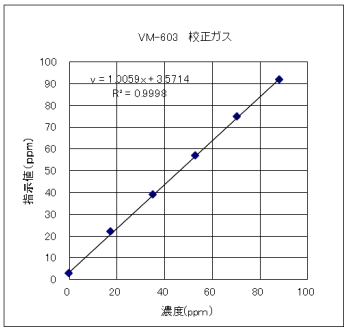
試験日:2013年12月11日(水)
試験ガス:VOC5成分(n-ヘキサン、イソプロピルアルコール、酢酸エチル、メチルエチルケトン、トルエン)
各成分 50ppm

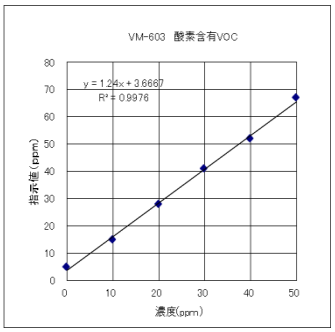
ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度 (ppm)	混合ガスVOC各濃度 (ppm)	VOC濃度 (ppmC)	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ(0/5)	Air	0	0	0	**1.0**	**3**
スパン(5/5)	①含酸素VOC5種	250	50	1200	**877.0**	**67**
スパン(4/5)	①含酸素VOC5種	200	40	960	**698.0**	**52**
スパン(3/5)	①含酸素VOC5種	150	30	720	**519.0**	**41**
スパン(2/5)	①含酸素VOC5種	100	20	480	**350.0**	**28**
スパン(1/5)	①含酸素VOC5種	50	10	240	**176.0**	**15**
ゼロ(0/5)	Air	0	0	0	**3.0**	**5**
直線性				4/5	−0.4	−3.4
5/5値からの偏差(%)				3/5	−0.9	−0.6
				2/5	−0.2	−0.9
				1/5	0.0	−1.3
				0/5	0.2	3.1

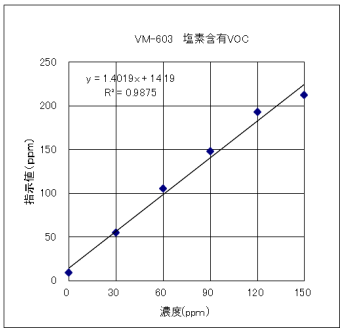
表６－７ 塩素含有 VOC ガス直線性試験結果

試験日：2013年 12月20日（金）
試験ガス：VOC3成分（ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン） 各成分 150ppm

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製	VM-603
					FID	干渉増幅反射法
		VOC濃度（ppm）	混合ガスVOC各濃度（ppm）	VOC濃度（ppmC）	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ（0/5）	Air	0	0	0	－	8
スパン（5/5）	③VOC_3種混合	450	150	750	－	211
スパン（4/5）	③VOC_3種混合	360	120	600	－	192
スパン（3/5）	③VOC_3種混合	270	90	450	－	147
スパン（2/5）	③VOC_3種混合	180	60	300	－	104
スパン（1/5）	③VOC_3種混合	90	30	150	－	54
ゼロ（0/5）	Air	0	0	0	－	8
直線性				4/5	－	10.6
5/5値からの偏差（%）				3/5	－	8.5
				2/5	－	7.3
				1/5	－	2.7
				0/5	－	0.0







2) 結果の考察

スパン校正ガスのトルエン、酸素や塩素を含有した VOC ガスに対する直線性試験を実施した。校正ガスのトルエン及び酸素含有 VOC ガスに関しては良好な直線性が確認できた。塩素含有 VOC ガスについては、150ppm 付近での相関が若干低下しているが、近似直線の R^2 値は 0.98 以上あり、良好な結果が確認できた。

指示値の絶対値に関しては、それぞれの VOC ガスに対する相対感度があるため、試験ガス種により差異があるが、相対感度については、メーカから提示されている VOC ファクター確認を実施した結果、相関性があることが確認できており問題ない。

表６－８　繰返し性試験結果まとめ

実証製品	ガス種	結果まとめ
VM-603	スパン	○スパン校正ガス：トルエン(88.3ppm) ○酸素含有 VOC ガス：メチルエチルケトン、トルエン、 エチベンゼン、*m*-キシレン、*o*-キシレン（各 50ppm） ○塩素含有 VOC ガス（各 150ppm） ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン ○試験結果 偏差は、校正ガス 0.4~1.3%、酸素含有 VOC ガス －3.4~3.1%、塩素含有 VOC ガス 2.7~10.6%であった。いずれのガスも近似直線の R^2 値は 0.99 以上であった。

6.3 干渉影響試験

6.3.1 酸素影響試験

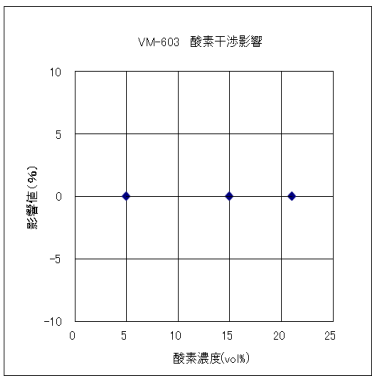
1) 試験結果

試験結果を表６－９に示した。

表６－９ 酸素影響試験結果

試験日:2013年12月19日(木)
試験ガス:精製空気を窒素で希釈。ゼロガス(精製空気)及びスパンガス(トルエン) <スパンガスは10倍希釈>

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度 (ppm)	混合ガスVOC各濃度 (ppm)	酸素濃度 (vol%)	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ	Air	0	−	21	**0.9**	**0**
ゼロ	Air	0	−	15	**−4.6**	**0**
ゼロ	Air	0	−	5	**−2.5**	**0**
ゼロ	Air	0	−	21	**0.8**	**0**
スパン	④トルエン	8.8	−	21	**59**	**7**
スパン	④トルエン	8.8	−	15	**50**	**7**
スパン	④トルエン	8.8	−	5	**45**	**7**
影響値			酸素:21vol%		0.0	0.0
酸素濃度21vol%の値を100とした時の影響比率(%)			酸素:15vol%		−6.3	0.0
			酸素: 5vol%		−18.0	0.0



2) 結果のまとめ

表６－10 に干渉影響試験（酸素）結果をまとめた。干渉影響については、ゼロ点及びスパン点における影響を確認した、酸素についてはゼロ点、スパン点ともに影響は全く見られなかった。

表６－10 干渉影響試験（酸素）結果まとめ

実証製品	結果まとめ
VM-603	酸素濃度 21vol%の測定値を 100（濃度 74ppm）とした場合の酸素濃度 15vol%及び 5vol%における影響はなかった。

6.3.2 二酸化炭素影響試験

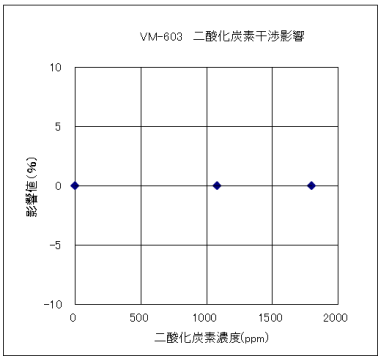
1) 試験結果

試験結果を表６－11 に示した。

表６－11 二酸化炭素影響試験結果

試験日:2013年12月19日(木)
試験ガス:二酸化炭素を精製空気で希釈。ゼロガス(精製空気)及びスパンガス(トルエン) <スパンガスは10倍希釈

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度 (ppm)	混合ガスVOC各濃度 (ppm)	二酸化炭素濃度 (ppm)	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ	Air	0	−	0	1.0	0
ゼロ	Air	0	−	1080	1.2	1
ゼロ	Air	0	−	1800	0.8	0
ゼロ	Air	0	−	0	1.0	0
スパン	④トルエン	8.8	−	1080	53.7	9
スパン	④トルエン	8.8	−	1800	55.7	9
スパン	④トルエン	8.8	−	0	54.2	9
影響値			二酸化炭素: 0ppm		0.0	0.0
二酸化炭素濃度0ppmの値を100とした時の影響比率(%)			二酸化炭素:1080ppm		3.4	0.0
			二酸化炭素:1800ppm		1.3	0.0



2) 結果のまとめ

表６－12 に干渉影響試験（二酸化炭素）結果をまとめた。 ゼロ点における影響も確認試験を実施したが、影響は見られなかった。

表６－12 干渉影響試験（二酸化炭素）結果まとめ

実証製品	結果まとめ
VM-603	二酸化炭素濃度 1080ppm 及び 1800ppm における影響はなかった。

6.3.3 水分影響試験

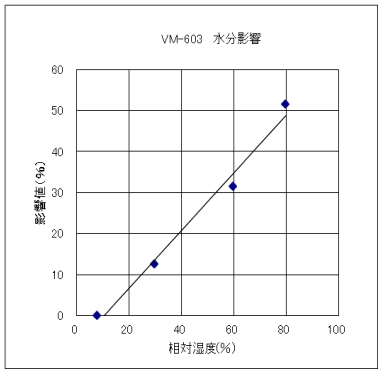
1) 試験結果

試験結果を表６－13 に示した。

表６－13 水分影響試験結果

試験日:2013年12月17日(火)
試験ガス:室温飽和空気を精製空気で希釈。ゼロガス(精製空気)及びスパンガス(トルエン) <スパンガスは10倍希

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度 (ppm)	混合ガスVOC各濃度 (ppm)	H_2O濃度 RH%	基準機	トルエン
					ppmC	ppm
ゼロ(0%)	Air	0	−	8	2	0
ゼロ(30%)	Air	0	−	30	2	11
ゼロ(60%)	Air	0	−	60	2	31
ゼロ(80%)	Air	0	−	80	2	42
ゼロ(0%)	Air	0	−	8	2	0
スパン(0%)	④トルエン	8.8	−	8	75	9
スパン(30%)	④トルエン	8.8	−	30	80	22
スパン(60%)	④トルエン	8.8	−	60	80	41
スパン(80%)	④トルエン	8.8	−	80	81	61
スパン(0%)	④トルエン	8.8	−	8	75	10
影響値			水分(RH): 0%		0	0
水分濃度0%の値を100とした時の影響比率(%)			水分(RH):30%		7.1	12.5
			水分(RH):60%		7.5	31.5
			水分(RH)::80%		7.9	51.5



2) 結果のまとめ

表６－14 に干渉影響試験（水分）結果をまとめた。干渉影響については、ゼロ点及びスパン点における影響を確認した。水分影響については、ゼロ点で確認された。スパン点における干渉影響としてはゼロ点における影響値を補正すれば、影響は見られなかった。

但し、VM-603 は、湿度による影響を受ける場合があるので、ゼロ校正した清浄空気の湿度分と測定サンプルガスの湿度差が約±30%以上となった場合には、湿度エラーが表示され、再度測定サンプルガスの湿度条件に近い状態でゼロ校正を実施する仕様となっている。

また、通常ゼロ校正時には、相対湿度が 40～60%程度の活性炭フィルタを使用している。今回の実証試験では、湿度エラー機能を解除し、また活性炭フィルタを使用しない条件で試験を実施した。VM-603 に使用している測定原理及びセンサは過去にも実証試験を実施しており、試験方式の共通化のため、同じ試験方法で実施したが、通常の装置の使用とは異なる条件で試験を実施しているため、実証試験における干渉影響値は、実使用においては、生じないことを注意願いたい。

表６－14　干渉影響試験（水分）結果まとめ

実証製品	結果まとめ
VM-603	水分干渉影響としては、ゼロ点及びスパン点において、同じレベルの影響値が確認された。このため影響値の表現としては、試験対象レンジである、100ppm に対する影響値として記載した。 相対湿度 30%、60%、80%における影響値は、それぞれ 12.5%、31.5%、51.5%であったが、本来装置の実使用条件としては、ゼロ点を相対湿度 10%以下で校正した場合には、相対湿度 60%及び 80%の試験ガスでは湿度エラーを表示し計測しない（再校正）ため、実質的な影響値としては、相対湿度 30%における 12.5%となった。

6.4 応答時間試験

装置の測定シーケンスは、自動ゼロ校正→測定→自動クリーニングとなっている。インターバルは 30 秒~1 分程度となっており、実証製品は 30 秒の設定となっていた。このため、応答時間としては、30 秒となった。

表 6 －15 応答時間試験結果まとめ

実証製品	結果まとめ
VM-603	30 秒

6.5 再現性（ドリフト）試験

1)試験結果

再現性試験は実証試験開始時に校正を行い、その後装置の校正は実施せず、実証試験終了時に再度、開始時と同条件にて校正ガスを導入し、その偏差を確認した。試験結果を表 6 －16 に示した。

表 6 －16 再現性（ドリフト）試験結果

試験日：2013年12月10日（火） ゼロ及びスパン校正 室温：21.5℃、湿度：30.0%、大気圧：996.5hPa
試験日：2013年12月20日（金） ゼロ及びスパン確認 室温：21.5℃、湿度：30.0%、大気圧：1006.1hPa

ガスの種類	ガス名	濃度			東亜DKK製 FID 基準機	VM-603 干渉増幅反射法
		VOC濃度（ppm）	混合ガスVOC各濃度（ppm）	VOC濃度（ppmC）	ppmC	トルエン ppm
ゼロ調整	Air	0.0	－	12/10	**0**	**2**
スパン調整	④ トルエン	88.3	－	12/10	**607**	**90**
ゼロ	Air	0.0	－	12/20	**3**	**6**
スパン	④ トルエン	88.3	－	12/20	**614**	**94**

2)結果のまとめ

表 6 －17 再現性（ドリフト）試験結果まとめ

実証製品	結果まとめ
VM-603	試験期間中の 10 日間におけるゼロ点変化は 4.5%で、スパン点（幅）は 0%であり、良好な安定性だった。

6.6 実証試験結果まとめ

表６－18 実証試験結果まとめ

視点	VM-603 結果まとめ
信頼性	繰返し性、直線性、干渉成影響（酸素、二酸化炭素）、応答時間、再現性ともに、非常に良好な性能を有していた。干渉成分の影響（水分）は見られたが、ゼロ校正時とサンプル測定時の湿度差が発生した場合の対処方法について、取扱説明書に「湿度誤差と調整方法に関して」記載されており、記載されている方法、手順により校正を実施すれば、実使用上は問題ない。 連続用途の VOC モニタであるが、再現性（ドリフト）試験においても、安定したデータが確認できているため、長期のモニタリングにも使用可能である。
実用性	測定結果は校正用ガスのトルエン換算濃度であり、トルエン以外の各種 VOC の濃度値を測定したい場合は、各種ガスの換算係数（VOC ファクター）を使用して計算を行う必要がある。換算係数は、取扱説明書にもテーブルとして示されており、実証試験に使用したガスを例に計算を実施した結果、計算値と指示値は非常に良い相関が得られていた。 なお、換算係数は本機のメニュー内で任意に設定することができる。
簡便性	操作手順は非常に簡単かつ容易である。 濃度やシーケンス表示部もシンプルでわかりすい。暖機時間も不要で、応答も 30 秒程度と早いため、電源投入後、速やかに測定が可能である。 価格：オープン価格（参考市場価格） 重量：約 3.5Kg 電源：AC100V または DC24V 暖機時間：特に必要なし

７．データの品質管理、監査

実証試験の実施にあたっては、実証試験計画及び品質管理マニュアルに基づきデータの品質管理を行った。また、実証試験終了後に監査を実施し、現場にて指示値を読み取り Excel File に記入した値と、データロガに保存したデータの値とのクロスチェックを実施すると共に、実証試験が適切に行われていたことを確認した。

○付録

用語の定義（JIS）

主な用語の定義は日本工業規格（以下 JIS）に準ずるものとする。特に、関連の深い JIS としては以下が挙げられる：

JIS B 7989　排ガス中の揮発性有機化合物（ＶＯＣ）の自動計測器による測定方法
JIS K 0055　ガス分析装置校正方法通則
JIS K 0095　排ガス試料採取方法
JIS K 0211　分析化学用語（基礎部門）
JIS K 0212　分析化学用語（光学部門）
JIS K 0213　分析化学用語（電気化学部門）
JIS K 0215　分析化学用語（分析機器部門）
JIS Z 8103　計測用語

実証試験要領で使用している用語

実証試験要領中の用語の定義

用語	定義
実証対象技術	実証試験を行う技術に関し、実証の核となる理論や性能（本実証試験要領では「VOC 等簡易測定技術」）
実証対象製品	実証対象技術を機器・装置として具現化したもののうち、実証試験で実際に使用するもの（具体的には「○○社」の「○○計測器」など）
実証項目	実証対象製品の性能を測るための項目（具体的には「感度」「90%応答時間」など）
VOC（揮発性有機化合物, Volatile Organic Compound）	大気中に排出され、又は飛散した時に気体である有機化合物 (浮遊粒子状物質及びオキシダントの生成の原因とならない物質として政令で定める物質を除く)「大気汚染防止法第二条４」の定義を基本とする。ただし、VOC 取扱事業所の実態等を考慮し、必要に応じて他の化学的性質が類似した物質を追加することを妨げない。
VOC 等	対象技術分野（対象とする物質、対象とする事業所又は測定対象場所、対象とする濃度範囲 等）の拡張を意図したもので、例えば、「排ガス中の VOC」「室内環境 VOC」「におい」等々を含む。
ゼロ(ガス) ゼロ校正	機器・装置の最小目盛値をゼロ（点）と呼び、その目盛をあわせるガスをゼロガス、ゼロの目盛をあわせることを、ゼロ校正と言う。
スパン(ガス) スパン校正	機器・装置の最大目盛値をスパン（点）と呼び、その目盛をあわせるガスをスパンガス、スパンの目盛をあわせることを、スパン校正と言う。
分割点	機器・装置のガス濃度に対する濃度出力の相関性（直線性）を確認するために、スパンガス濃度を均等に希釈するが、この均等に希釈した比率を分割点という。
感度	ドリフト試験で使用している感度は、機器・装置の能力としての分解能ではなく、濃度が同一のガスを導入した場合の機器・装置からの濃度出力の変化量を意味する。
模擬ガス	本実証試験で、測定対象とする試験ガスの 1 種。 実際に使用される現場や実証対象技術の仕様から想定される複数のガス種を混合した試料ガス（模擬ガス）。

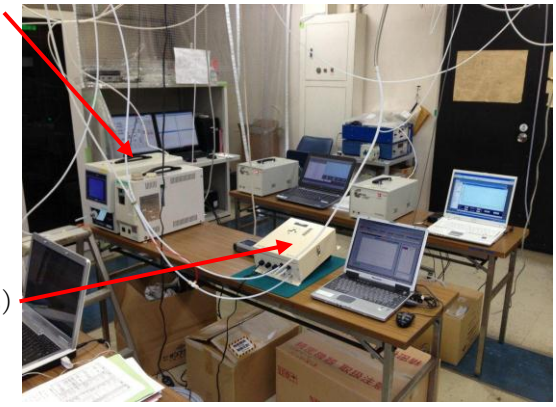
○資料編

1. 実証試験場所及び装置写真

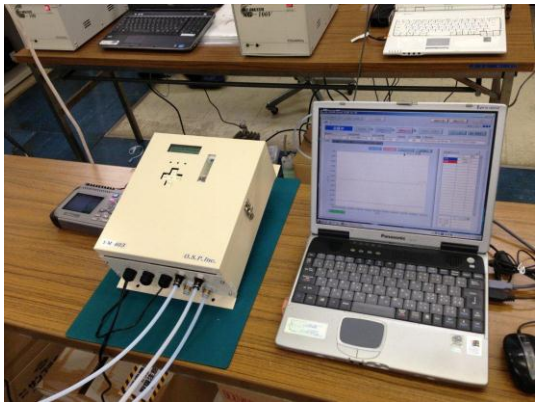
試験場所：横浜市環境科学研究所

基準機（FID 法）

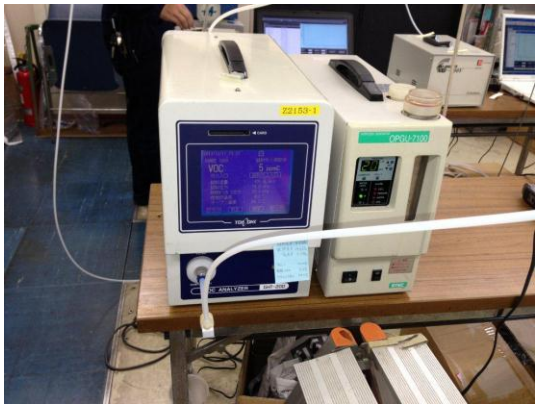
試験機（VM-603）



実証試験現場



実証試験機：VM-603　簡易 VOC モニタ

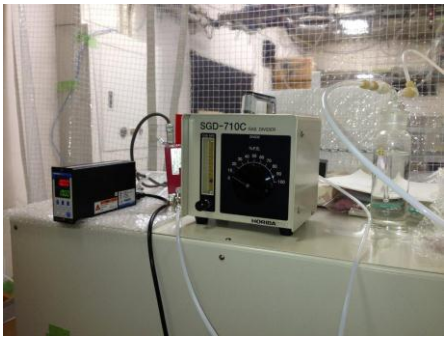


基準機（FID 法分析計）

試験用ガス調整装置（加湿・流量制御）

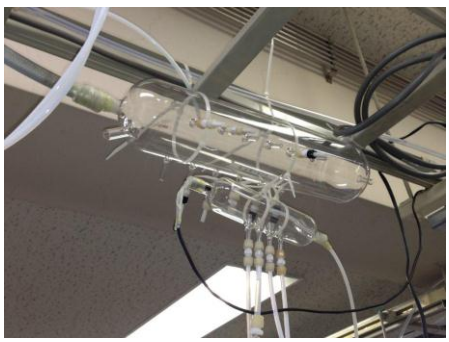
試験用高圧ガス

流量制御（マスフロー）



ガス分割器（10 分割）

相対湿度計

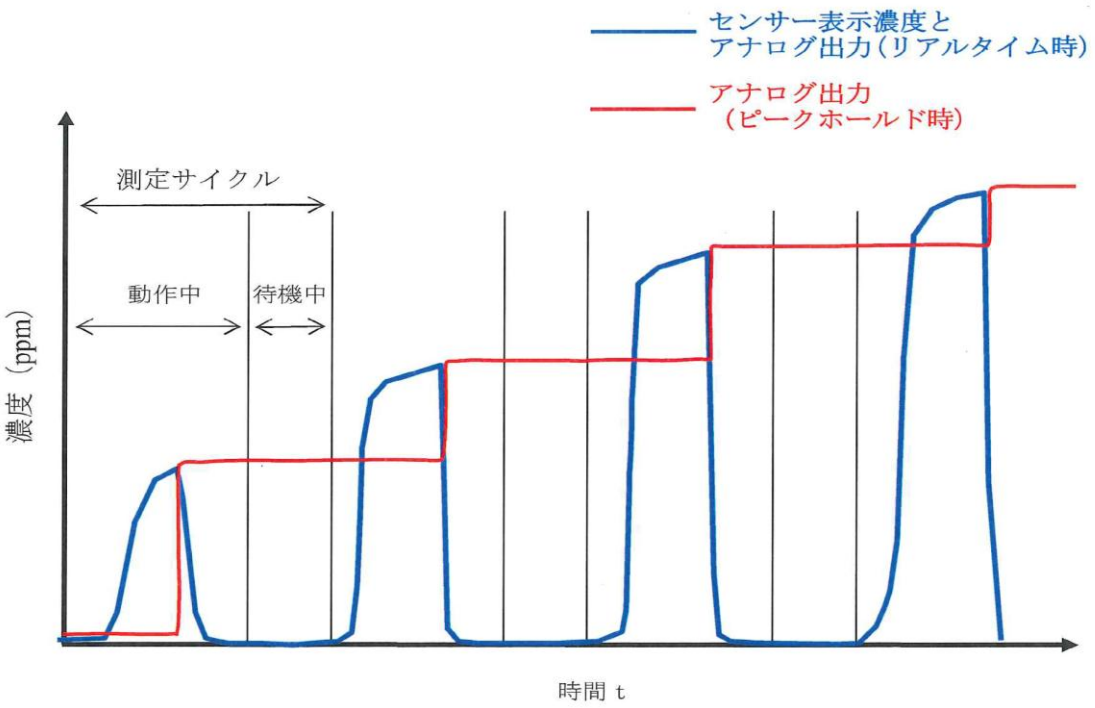


マニフォールド

2. VOC センサーの濃度範囲井と換算係数表

VOC成分	換算係数	沸点 (b.p. ℃)	標準測定範囲 (ppm) @Lowレンジ			@Highレンジ			炭素数
イソブタン	225	-12.0	225	～	22500	5625	～	562500	4
1,3-ブタジエン	66.0	-4.0	66.0	～	6600	1650	～	165000	4
シス-2-ブテン	61.5	0.3	61.5	～	6150	1538	～	153750	4
ペンタン	29.4	36.1	29.4	～	2941	735	～	73529	5
ヘキサン	10.0	69.0	10	～	1000	250	～	25000	6
シクロヘキサン	4.3	80.7	4.3	～	435	109	～	10870	6
メチルシクロヘキサン	3.3	101.0	3.3	～	333	83.3	～	8333	7
ヘプタン	3.3	98.4	3.3	～	333	83.3	～	8333	7
オクタン	1.4	126.0	1.4	～	143	35.7	～	3571	8
デカン	0.1	174.2	0.1	～	13	3.3	～	333	10
ウンデカン	0.03	196	0.03	～	3	0.75	～	75	11
ドデカン	0.014	216.30	0.01	～	1	0.3	～	34	12
メタノール	136	64.6	136	～	13600	3400	～	339997	1
エタノール	33.3	78.3	33.3	～	3333	833	～	83333	2
2-プロパノール(イソプロパノール)	10.5	82.4	10.5	～	1053	263	～	26316	3
1-ブタノール	1.1	117.6	1.1	～	110	27.5	～	2750	4
2,2,3,3-テトラフルオロプロパノール	0.6	117.6	0.6	～	60	15.0	～	1497	4
アセトン	23.1	56.2	23.1	～	2309	577	～	57737	3
メチルエチルケトン(MEK)	6.0	79.6	6.0	～	599	150	～	14970	4
メチルイソブチルケトン(MIBK)	1.0	117.4	1.0	～	100	25.0	～	2500	6
シクロヘキサノン	0.2	156.0	0.2	～	20	5.0	～	500	6
γ-ブチロラクトン	0.4	204.0	0.4	～	40	10.0	～	1000	4
N-メチル-2-ピロリドン(NMP)	0.2	202.0	0.2	～	20	5.0	～	500	5
ホルムアルデヒド	3.4	-19.5	3.4	～	345	86.2	～	8621	1
テトラヒドロフラン(THF)	6.7	66.0	6.7	～	670	167.5	～	16750	4
メチルセルソルブ	4.0	124.6	4.0	～	400	100	～	10000	3
酢酸エチル	5.6	77.1	5.6	～	556	139	～	13889	4
酢酸プロピル	1.9	101.6	1.9	～	190	47.5	～	4750	5
酢酸ブチル	0.7	125.5	0.7	～	70	17.5	～	1750	6
酢酸イソアミル	0.5	142.0	0.5	～	50	12.5	～	1250	7
酢酸ビニル	1.6	72.7	1.6	～	160	40.0	～	4000	4
メチルエチルカーボネート	1.8	108.0	1.8	～	180	45.0	～	4500	4
ジエチルカーボネート	0.6	126.0	0.6	～	63	15.8	～	1575	5
エチレンカーボネート	0.6	260.0	0.6	～	58	14.5	～	1450	3
エチレングリコールモノブチルエーテルアセテート	0.03	192.0	0.03	～	3	0.8	～	75	8
プロピレングリコールモノメチルエーテル	1.8	120.0	1.8	～	180	45.0	～	4500	4
メチルシクロヘキシルアセテート	0.02	201.0	0.02	～	2	0.5	～	50	9
酢酸	1.1	117.9	1.1	～	110	27.5	～	2747	2
プロピオン酸	0.3	140.7	0.3	～	32	8.1	～	806	3
N,N-ジメチルホルムアミド(DMF)	0.5	153.0	0.5	～	50	12.5	～	1250	3
N,N-ジメチルアセトアミド(DMAc)	0.4	166.1	0.4	～	40	10.0	～	1000	4
ベンゼン	4.2	80.1	4.2	～	417	104	～	10417	6
トルエン	1.0	110.6	1.0	～	100	25.0	～	2500	7
o-キシレン	0.3	144.0	0.3	～	30	7.5	～	751	8
m-キシレン	0.4	139.1	0.4	～	36	8.9	～	890	8
エチルベンゼン	0.2	136.2	0.2	～	20	5.0	～	500	8
スチレン	0.15	145.2	0.1	～	15	3.7	～	375	8
1,2,4-トリメチルベンゼン	0.1	168.0	0.1	～	14	3.5	～	350	9
スワゾール	0.02	168.0	0.02	～	2	0.5	～	50	10
クロロホルム	4.0	61.7	4.0	～	400	100	～	10000	1
トリクロロエチレン(トリクレン)	2.0	86.7	2.0	～	200	50.0	～	5000	2
テトラクロロエチレン(パークレン)	0.8	121.1	0.8	～	77	19.2	～	1923	2
ジクロロメタン(塩化メチレン)	13.3	39.8	13.3	～	1333	333	～	33333	1
四塩化炭素	4.0	76.7	4.0	～	400	100	～	10000	1
1,2-ジクロロエタン	3.2	83.0	3.2	～	320	80.0	～	8000	2
1,1-ジクロロエチレン	21.8	31.7	21.8	～	2182	545	～	54545	2
シス-1,2-ジクロロエチレン	5.3	48-60	5.3	～	533	133	～	13333	2
1,1,1-トリクロロエタン	4.0	74.1	4.0	～	400	100	～	10000	2
1,1,2-トリクロロエタン	0.7	113.8	0.7	～	72	17.9	～	1791	2
1,3-ジクロロプロペン	1.0	108.0	1.0	～	98	24.5	～	2449	3
エピクロルヒドリン	1.2	117.9	1.2	～	120	30.0	～	3000	3
セボフルラン	20	58.6	20	～	2000	500	～	50000	4
イソフルラン	7.6	48.5	7.6	～	760	190	～	19000	3
エンフルラン	6.9	56.5	6.9	～	690	173	～	17250	3
HCFC-225	10	54.0	10	～	1000	250	～	25000	3
デカメチルシクロペンタシロキサン(D5)	0.1	211.0	0.1	～	10	2.5	～	250	5
ガソリン (ヘプタン換算)	0.4	32-225	0.4	～	40	10.0	～	1000	7
灯油 (デカン換算)	0.04		0.04	～	4	1.0	～	100	10
軽油 (ドデカン換算)	0.1		0.1	～	10	2.5	～	250	12

3. 測定シーケンスとアナログ出力



＊本体内部のメモリには、測定結果(測定番号、日付・時刻、測定中の最後の5秒間の最大値MAXと平均値AVG、検出部温度、換算係数、測定レンジ、エラー番号等)がメモリされます。

リアルタイム出力設定時のアナログ出力タイミングは、液晶に表示される測定中のセンサー濃度と同じになります。
(ただし、ゼロ点校正中と待機中はゼロppmの4mAを出力)